



UNIVERSIDAD DE MURCIA

FACULTAD DE INFORMÁTICA

Desarrollo de un Modelo para la Gestión de la I+D+i
Soportado por Tecnologías de la Web Semántica

D. Carlos García Moreno

2015



UNIVERSIDAD DE MURCIA

Facultad de Informática

TESIS DOCTORAL

**Desarrollo de un modelo para la gestión de la I+D+i
soportado por tecnologías de la Web Semántica**

Carlos García Moreno

Dirigida por:

Dr. D. Rafael Valencia García

Dr. D. Francisco García Sánchez

2015

Agradecimientos

*A Dios por darme la vida
y por acompañarme siempre.*

*A mis padres por haber hecho de mí la persona que soy
y por todo su apoyo.*

*A Yolanda por acompañarme desde el principio de todo
y por hacer que todo siempre fuese fácil.*

*A Rafa y Paco por brindarme la oportunidad, por guiarme
y por su paciencia.*

*A mis hermanos y amigos por estar
aunque yo no estuviera.*

A Nuria, el ser de luz que ha iluminado el final de este camino.

Índices

Índice de contenido

Resumen.....	1
Introducción	4
Capítulo 1. Estado del arte.....	9
1.1 Introducción	9
1.2 La gestión de la I+D+i	9
1.2.1 La I+D+i y su gestión	9
1.2.1.1 Qué es la I+D+i	9
1.2.1.2 Importancia de la I+D+i y de su gestión en las organizaciones	11
1.2.1.3 Sistemas de gestión de la I+D+i	12
1.2.2 El proceso de gestión de la I+D+i.....	16
1.2.2.1 Cultura innovadora y motivación	17
1.2.2.2 Entorno estratégico	18
1.2.2.3 Entorno analítico.....	19
1.2.2.4 Soporte a la I+D+i	20
1.2.2.5 Procesos operativos de la I+D+i.....	24
1.2.2.6 Evaluación y mejora del desempeño del sistema de gestión de la I+D+i ..	28
1.2.2.7 Actividades comunes con los sistemas de gestión.....	29
1.2.3 Soporte tecnológico a la gestión de la I+D+i.....	29
1.2.3.1 Productos tecnológicos de soporte a la gestión de la I+D+i.....	29
1.2.3.2 Tecnologías aplicadas a la gestión de la I+D+i en el ámbito de la investigación	31
1.3 Estado del arte de tecnologías de la Web Semántica.....	39
1.3.1 Web Semántica	39

1.3.1.1	Lenguajes de Web Semántica y su expresividad.....	41
1.3.1.2	Lógica y Razonamiento	44
1.3.1.3	Razonadores para la Web Semántica.....	45
1.3.1.4	Interfaces de programación de ontologías	49
1.3.1.5	Lenguajes de consulta semánticos: SPARQL	50
1.3.2	Ontologías y el PLN.....	51
1.3.2.1	Metodologías de construcción de ontologías.....	52
1.3.3	Anotación semántica.....	54
1.3.3.1	Herramientas de anotación semántica manual.....	54
1.3.3.2	Herramientas de anotación semántica semiautomática	56
1.3.3.3	Herramientas de anotación semántica automática.....	57
1.3.3.4	Plataforma de anotación semántica validada en el entorno de la gestión de la I+D+i	58
1.4	Tecnologías de la Web Semántica aplicadas a la Gestión de la I+D+i.....	58
1.4.1	Carencias, retos, problemas y necesidades en la gestión de la I+D+i	59
1.4.2	Gestión del conocimiento, gestión de la I+D+i y Web Semántica	63
1.4.2.1	Gestión del conocimiento y gestión de la I+D+i	63
1.4.2.2	Papel de la Web Semántica en la gestión del conocimiento.....	64
1.4.3	Tecnologías de la Web Semántica y gestión de la I+D+i	65
1.4.3.1	Casos de aplicación de tecnologías de la Web Semántica como soporte a los procesos de la I+D+i	67
1.5	Conclusiones	86
Capítulo 2.	Modelo propuesto para la gestión de la I+D+i	89
2.1	Introducción	89
2.2	Metodología seguida en la construcción del modelo propuesto para la gestión de la I+D+i.....	89
2.3	Organización de la descripción del modelo propuesto para la gestión de la I+D+i	90
2.4	Vista general del modelo propuesto para la gestión de la I+D+i.....	91

2.5 Descripción del modelo para la gestión de la I+D+i propuesto.....	94
2.5.1 Entorno estratégico	94
2.5.1.1 Entorno estratégico de la organización.....	94
2.5.1.2 Comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas .	96
2.5.1.3 Entorno estratégico de I+D+i	99
2.5.1.4 Planificación del sistema de gestión de la I+D+i	104
2.5.2 Entorno analítico	108
2.5.2.1 Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva	109
2.5.2.2 Análisis externo	116
2.5.2.3 Análisis interno.....	119
2.5.2.4 Análisis de riesgos y oportunidades	121
2.5.3 Soporte a la I+D+i.....	123
2.5.3.1 Estructura organizativa del sistema de gestión de la I+D+i	124
2.5.3.2 Recursos de I+D+i.....	126
2.5.3.3 Colaboración.....	129
2.5.3.4 Gestión de la propiedad intelectual e industrial.....	131
2.5.3.5 Creatividad.....	134
2.5.4 Gestión de ideas para proyectos de I+D+i	137
2.5.4.1 Generación de ideas para proyectos de I+D+i.....	138
2.5.4.2 Evaluación de ideas para proyectos de I+D+i	143
2.5.5 Procesos posteriores a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i	147
2.5.5.1 Gestión integrada de la cartera de proyectos de I+D+i	147
2.5.5.2 Proyecto de I+D+i	148
2.5.5.3 Explotación de los resultados de I+D+i.....	150
2.5.5.4 Evaluación de los resultados de los procesos operativos de I+D+i.....	151
2.5.5.5 Evaluación del desempeño y mejora del sistema de gestión de la I+D+i	152

2.5.5.6 Modelo propuesto para los procesos posteriores a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i	154
2.6 Conclusiones	155
Capítulo 3. Aplicación de tecnologías semánticas al sistema de gestión de I+D+i.....	156
3.1 Introducción	156
3.2 Plataforma de gestión de ideas para proyectos de I+D+i.....	156
3.3 Ontología del dominio de gestión de la I+D+i	166
3.3.1 Especificación	166
3.3.2 Conceptualización.....	166
3.3.3 Axiomas	168
3.3.4 Taxonomía del proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i.....	171
3.4 Plataforma tecnológica para el soporte semántico a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i.....	173
3.5 Sistema de extracción semántica estructurada.....	174
3.5.1 Diseño del sistema de extracción semántica estructurada	175
3.5.1.1 Módulo de Procesamiento de Correspondencias.....	175
3.5.1.2 Módulo de Extracción de Información.....	183
3.5.1.3 Módulo de Anotaciones.....	184
3.5.1.4 Módulo de publicación semántica.	185
3.6 Repositorio semántico.....	185
3.6.1 Repositorio de ontologías de dominio	186
3.6.2 Perfiles semánticos.....	186
3.6.2.1 Descripción semántica de ideas para proyectos de I+D+i.....	187
3.6.2.2 Descripción semántica de proyectos de I+D+i.....	187
3.6.2.3 Descripción semántica de organizaciones	188
3.6.2.4 Descripción semántica de productos	189
3.7 Sistema semántico.....	189
3.7.1 Módulo de anotación semántica.....	190

3.7.2	Modulo de creación de índices	193
3.7.2.1	Algoritmo CF-IDF	193
3.7.2.2	Implementación	194
3.7.3	Módulo de cálculo de similitud.....	194
3.7.3.1	Cálculos de similitud en el soporte semántico a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i	195
3.7.3.2	Cálculos parciales de similitud	196
3.7.3.3	Similitud entre relaciones	197
3.7.3.4	Similitud entre los índices semánticos.....	197
3.7.3.5	Ejemplo de cálculo de similitud	198
3.7.4	Conclusiones	200
Capítulo 4.	Validación en un entorno empresarial.....	202
4.1	Introducción	202
4.2	Metodología y entorno de validación	202
4.2.1	Entorno de validación	203
4.3	Casos de validación.....	205
4.4	Ideas incluidas en la validación	207
4.5	Resultados de la validación.....	213
4.6	Interpretación de los resultados de la validación	215
4.7	Conclusiones	221
Capítulo 5.	Conclusiones y trabajo futuro.....	223
5.1	Las líneas futuras de investigación	227
Capítulo 6.	Contribuciones científicas	230
6.1	Publicaciones JCR	230
6.2	Congresos internacionales	230
Referencias.....		232

Lista de figuras

Figura 1. Procesos operativos de la I+D+i (AENOR, 2014)	24
Figura 2. Estructura lógica de capas de la Web Semántica	42
Figura 3. Consulta SELECT en SPARQL	51
Figura 4. Ejemplo de figura descriptiva de un proceso en el modelo propuesto	91
Figura 5. Vista simplificada del mapa de procesos propuesto para la gestión de la I+D+i	92
Figura 6. Mapa de procesos del entorno estratégico	93
Figura 7. Mapa de procesos del entorno analítico	93
Figura 8. Mapa de procesos de soporte a la I+D+i	93
Figura 9. Procesos operativos de la I+D+i	94
Figura 10. Representación del modelo propuesto para el entorno estratégico de la organización	96
Figura 11. Representación del modelo propuesto para la comprensión de necesidades y expectativas de las partes interesadas	98
Figura 12. Representación del modelo propuesto para el entorno estratégico de I+D+i	102
Figura 13. Representación del modelo propuesto para la planificación del SiGIDi	106
Figura 14. Representación del modelo propuesto para la VT/IC	115
Figura 15. Representación del modelo propuesto para el análisis externo	118
Figura 16. Valoración de amenazas y oportunidades identificadas	119
Figura 17. Representación del modelo propuesto para el análisis interno	120
Figura 18. Valoración de debilidades y fortalezas identificadas	121
Figura 19. Elementos que componen y/o se relacionan con el análisis de riesgos y oportunidades	122
Figura 20. Modelo del modelo propuesto para la estructura organizativa del SiGIDi	126
Figura 21. Representación del modelo propuesto para la gestión de recursos de I+D+i	128
Figura 22. Representación del modelo propuesto para la gestión de la colaboración	130
Figura 23. Representación del modelo propuesto para la gestión de la propiedad intelectual e industrial	133

Figura 24. Representación del modelo propuesto para la gestión de la creatividad.....	136
Figura 25. Representación del modelo propuesto para la generación de ideas para proyectos de I+D+i.....	141
Figura 26. Representación del modelo propuesto para la evaluación de ideas para proyectos de I+D+i.....	145
Figura 27. Representación del modelo propuesto para los procesos posteriores a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i	155
Figura 28. Pantalla principal del Sistema de gestión de la I+D+i.....	157
Figura 29. Plantilla para la generación de ideas para proyectos de I+D+i	158
Figura 30. Apartado “descripción” de la idea para proyecto de I+D+i de ejemplo.....	158
Figura 31. Apartado “objetivos” de la idea para proyecto de I+D+i de ejemplo	159
Figura 32. Apartado “resultados esperados” de la idea para proyecto de I+D+i de ejemplo	159
Figura 33. Apartado “tecnologías más significativas” de la idea para proyecto de I+D+i de ejemplo.....	159
Figura 34. Apartado “innovaciones tecnológicas” de la idea para proyecto de I+D+i de ejemplo.....	160
Figura 35. Apartado “innovaciones funcionales” de la idea para proyecto de I+D+i de ejemplo.....	160
Figura 36. Apartado “potenciales organizaciones colaboradoras” de la idea para proyecto de I+D+i de ejemplo	160
Figura 37. Apartado “mercados objetivo” de la idea para proyecto de I+D+i de ejemplo....	161
Figura 38. Selección de idea para proyecto de I+D+i para proporcionar soporte inteligente a su gestión	161
Figura 39. Similitud entre la idea de ejemplo y objetivos de I+D+i.....	161
Figura 40. Similitud entre la idea de ejemplo y otras ideas para proyectos de I+D+i.....	162
Figura 41. Similitud entre la idea de ejemplo y proyectos de I+D+i.....	162
Figura 42. Similitud entre la idea de ejemplo y productos existentes	163
Figura 43. Similitud entre las tecnologías de la idea de ejemplo y las tecnologías propias de la organización.....	163
Figura 44. Similitud entre las tecnologías de la idea de ejemplo y las tecnologías propias de los potenciales colaboradores	164

Figura 45. Tecnologías de la idea de ejemplo no identificadas como cubiertas por el consorcio propuesto	164
Figura 46. Similitud entre la idea de ejemplo y las tecnologías propias de la organización .	164
Figura 47. Principales competidores identificados para la explotación de la idea de ejemplo	165
Figura 48. Similitud entre la idea de ejemplo y tendencias y necesidades del mercado	165
Figura 49. Conceptos principales de la ontología	167
Figura 50. Taxonomía del concepto “Proceso”	167
Figura 51. Taxonomía del concepto “Colaborador”	168
Figura 52. Ejemplo de relaciones del tipo “esAcordeCon”	169
Figura 53. Jerarquía y relaciones del proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i	172
Figura 54. Jerarquía y relaciones del concepto “IdeaIDiProyecto”	172
Figura 55. Arquitectura de la plataforma semántica para el soporte de gestión de ideas	174
Figura 56. Arquitectura del sistema de extracción semántica estructurada	175
Figura 57. Modelo ontológico de la generación de ideas para proyectos de I+D+i	177
Figura 58. Extracto de la ontología del dominio de las TIC	186
Figura 59. Clase Idea de la ontología GI2MO	187
Figura 60. Estructura básica de la ontología “An organization ontology”	189
Figura 61. Clase “ProductOrService” de la ontología de la ontología “Good Relations”	189
Figura 62. Arquitectura del sistema semántico	190
Figura 63. Ejemplo simplificado de anotación de descripción de una idea para proyecto de I+D+i	192
Figura 64. Cálculo de $cf_{i,j}$ en CF-IDF (Goossen et. Al, 2011)	193
Figura 65. Cálculo de idf_i en CF-IDF (Goossen et. Al, 2011)	193
Figura 66. Cálculo de $cf-idf_{ij}$ en CF-IDF (Goossen et. Al, 2011)	193
Figura 67. Fórmula para el cálculo de similitud entre cadenas de texto por el algoritmo de Levenshtein	197
Figura 68. Similitud entre relaciones	197

Figura 69. Función del coseno para el cálculo de similitud entre índices semánticos..... 198

Lista de tablas

Tabla 1. Áreas de medición de la Gestión de la I+D+i (Adams et al., 2006)	28
Tabla 2. Principales plataformas de soporte a la gestión de la I+D+i (Gliedman, 2013)	30
Tabla 3. Yuxtaposición de conceptos Linked Data, Linked Open Data y Open Data (Auer, 2014)	41
Tabla 4. Ejemplo de definición de objetivo de I+D+i	107
Tabla 5. Ejemplo de definición de objetivo de VT/IC	115
Tabla 6. Ejemplo de análisis externo	118
Tabla 7. Ejemplo de análisis interno	121
Tabla 8. Ejemplo de DAFO	123
Tabla 9. Ejemplo de descripción de idea para proyecto de I+D+i	143
Tabla 10. Relación entre criterios de evaluación de una idea, campos de su definición, y entradas de información	145
Tabla 11. Ejemplo de evaluación de idea para proyecto de I+D+i por criterios	147
Tabla 12. Métricas de la ontología	171
Tabla 13. Ejemplo de tabla de ideas para proyectos de I+D+i en la BD	176
Tabla 14. Ejemplo de tabla de aspectos de la descripción de ideas para proyectos de I+D+i en la BD	176
Tabla 15. Ejemplo de tabla de descripción de aspectos de ideas para proyectos de I+D+i en la BD	176
Tabla 16. Ejemplo de tabla de criterios de evaluación de ideas para proyectos de I+D+i en la BD	177
Tabla 17. Ejemplo de tabla de evaluación de criterios de ideas para proyectos de I+D+i en la BD	177
Tabla 18. Gramática reglas de correspondencia	178
Tabla 19. Ejemplo de regla de correspondencia de “DB2Class” que hace corresponder la tabla “Idea_ProyectoIDi” de la BD con la clase “IdeaProyectoIDi” de la ontología	179
Tabla 20. Ejemplo de regla de correspondencia “DB2Class” que hace corresponder la tabla “Aspecto_Idea_ProyectoIDi” de la BD con la clase “AspectoIdeaProyectoIDi” de la ontología	179

Tabla 21. Ejemplo de regla de correspondencia “DB2Prop” que hace corresponder propiedad “IdeaProyectoIDi_Titulo” con la columna “Titulo” de la tabla “Idea_ProyectoIDi”....	180
Tabla 22. Ejemplo de regla de correspondencia “DB2Prop” que hace corresponder propiedad “EvaluacionCriterioIdeaProyectoIDi_Puntuacion” con la columna “Puntuacion” de la tabla “Evaluacion_Criterio_Idea_ProyectoIDi”	181
Tabla 23. Ejemplo de regla de correspondencia tipo “DB2Rel” que relaciona las clases “IdeaProyectoIDi” y “CriterioIdeaProyectoIDi” a través de la tabla “Evaluacion_Criterio_Idea_ProyectoIDi”	182
Tabla 24. Ejemplo de regla de correspondencia tipo “DB2Rel” que relaciona las clases “IdeaProyectoIDi” y “EvaluacionCriterioIdeaProyectoIDi” a través de la tabla “Evaluacion_Criterio_Idea_ProyectoIDi”	183
Tabla 25. Ejemplo de consulta SQL asociada con las instancias de la clase “IdeaProyectoIDi”	183
Tabla 26. Ejemplo de consulta SQL que extrae los valores de la propiedad “Titulo” de la clase “IdeaProyectoIDi”.....	183
Tabla 27. Ejemplo de consulta SQL que extrae los valores de la propiedad “Puntuacion” de la clase “EvaluacionCriterioIdeaProyectoIDi”	183
Tabla 28. Ejemplo de consulta SQL que obtiene los criterios de evaluación de una idea para un proyecto de I+D+i.....	184
Tabla 29. Ejemplo de consulta SQL que obtiene la evaluación de un criterio para una idea para un proyecto de I+D+i	184
Tabla 30. Ejemplo de extensión de DOAP para la descripción de un proyecto de I+D+i.....	188
Tabla 31. Propiedades a partir de las que se realizan las anotaciones semánticas en la ontología del dominio de la gestión de la I+D+i	191
Tabla 32. Ejemplo de conceptos extraídos y anotados en el texto de descripción de una idea	192
Tabla 33. Ejemplo de cálculo de CF-IDF en los aspectos de definición de una idea para proyecto de I+D+i.....	194
Tabla 34. Entidades comparadas para establecer la similitud entre ideas y proyectos de I+D+i	195
Tabla 35. Entidades comparadas para establecer la similitud entre ideas y productos.....	195
Tabla 36. Entidades comparadas para proporcionar soporte a la evaluación de la viabilidad económica de una idea	196
Tabla 37. Extracto de la idea titulada " Sistema predictivo para ingeniería del software"	198

Tabla 38. Extracto de la idea titulada " Desarrollo de servicios innovadores a través de ingeniería del software"	199
Tabla 39. Similitud entre las ideas.....	200
Tabla 40. Ideas de 2006 introducidas en la plataforma para su validación	208
Tabla 41. Ideas de 2007 introducidas en la plataforma para su validación	208
Tabla 42. Ideas de 2008 introducidas en la plataforma para su validación	209
Tabla 43. Ideas de 2009 introducidas en la plataforma para su validación	210
Tabla 44. Ideas de 2010 introducidas en la plataforma para su validación	210
Tabla 45. Ideas de 2011 introducidas en la plataforma para su validación	210
Tabla 46. Ideas de 2012 introducidas en la plataforma para su validación	211
Tabla 47. Ideas de 2013 introducidas en la plataforma para su validación	211
Tabla 48. Ideas de 2014 introducidas en la plataforma para su validación	212
Tabla 49. Ideas de 2015 introducidas en la plataforma para su validación	212
Tabla 50. Resultados de la validación de la plataforma de soporte a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i	214

Lista de acrónimos

AHP	Analytic Hierarchy Approach
AJAX	Asynchronous JavaScript and XML
ALM	Application lifecycle management
API	Application Programming Interface
ANP	Analytic Network Process
AOI	Analytical Open Innovation
BD	Base de Datos
BI	Business Intelligence
BIVEE	Business Innovation in Virtual Enterprise Environments
BPM	Business Process Management
CAI	Computer-Aided Innovation
CAS	Complex Adaptive Systems
CE	Comisión Europea
CEO	Chief Executive
CF-IDF	Concept Frequency – Inverse Document Frequency
CORDIS	Community Research and Development Information Service
CREAM	CREATING Metadata for the Semantic Web
DevOps	Development and Operations
DOAP	Description of a Project
DSS	Decision Support Systems
ECA	Event Condition Action
EFQM	Fundación Europea para la Gestión de la Calidad
FaCT	Fast Classification of Terminologies
FCA	Formal Concept Analysis
FBS	Frame-Based Systems
F-Logic	Frame Logic
FOAF	Friend of a Friend
FOL	First Order Logic
FP7	Seventh Framework Programme
GATE	General Architecture for Text Engineering
G-MoBSA	Group Model Building by Selection and Argumentation
GCSS	Group Creativity Support Systems
GI2MO	Generic Idea and Innovation Management Ontology
Gi2SE	Generic Idea and Innovation Search Engine
GIS	Geographic Information System
GTM	Generative Topographic Map
H2020	Horizon 2020
HFSR	Hybrid Fuzzy Semantic Recommendation
IA	Inteligencia Artificial
IaaS	Infrastructure as a Service
IC	Inteligencia Competitiva
ICMM	Innovation Capability Maturity Model
I+D	Investigación y Desarrollo

I+D+i	Investigación, Desarrollo e Innovación
IoT	Internet of Things
IMS	Idea Management System
KM	Knowledge Management
KMS	Knowledge Management Systems
KPI	Key Performance Indicators
KR	Knowledge Representation
LD	Linked Data
LOD	Linked Open Data
MCR	Mission Control Room
MOGA	Multi Objective Genetic Algorithm
NEST	Newly Emerging Science & Technology
NGT	Nominal Group Technique
NPD	New Product Development
SiGIDi	Sistema de Gestión de la I+D+i
OC	Open Collaboration
OD	Open Data
ODESeW	Semantic Web Portal based on WebODE Platform
OFV	Ontology Feature Vector
OI	Open Innovation
OIL	Ontology Inference Layer
OPAL	Opinion analyser
OTK	On-To-Knowledge
OWL	Web Ontology Language
OWL DL	OWL Description Logic
OWL	OWL Lite
PaaS	Platform as a Service
PI	Propiedad Intelectual e Industrial
PIKR	Production and Innovation Knowledge Repository
PLN	Procesamiento del Lenguaje Natural
PLOC	Professional Learning Ontology and Competencies
PM	Performance Measurement
PRONTO	PRoduct ONTOlogy
RACER	Renamed ABox And Concept Expression Reasoner
RBAC	Role Based Access Control
RBS	Rule-Based Systems
RDBMS	Relational Database Management System
RDF	Resource Description Framework
RDFS	RDF Schema
RDQL	RDF Data Query Language
RDH	Raw Data Handler
RDM	Raw Data Management
RRHH	Recursos Humanos
SaaS	Software as a Service
SAO	subject–action–object

SCOT	Social Semantic Cloud of Tags
S-CREAM	Semi-automatic CREAtion of Metadata
SECI	Socialization Externalization Combination Internalization
SIMS	Semantic Innovation Management System
SKOS	Simple Knowledge Organization System
SMC	Semantic Media Content
SMORE	Semantic Markup, Ontology, and RDF
SOA	Service-Oriented Architecture
SOCIA	Social Opinions and Concerns for Ideal Argumentation
SPARQL	Protocol and RDF Query Language
SRNS	Social Research Network Sites
SRL	Semantic Role Labelling
STAR®	Strategic Technology Alignment Roadmapping
SVTF	Semantic web-based Virtual Team Formation
SWEBOK	Software Engineering Body of Knowledge
SWOP	Software Ontology Project
SWRL	Semantic Web Rule Language
TBD	Taxonomy Based Disambiguation
TF-IDF	Term Frequency – Inverse Document Frequency
TIC	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
TRIZ	Tieoriya Riesheniya Izobrietatielskij Zadach
UGIDi	Unidad de gestión de la I+D+i
UIDi	Unidad de I+D+i
URI	Uniform Resource Identifier
VBE	Virtual organization Breeding Environments
VO	Virtual Organization
VIF	Virtual Innovation Factory
VIKOR	VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje
VRE	Virtual Research Environment
VT	Vigilancia Tecnológica
VT/IC	Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva
W3C	World Wide Web Consortium
WKI	WeKeyInnovation
XML	eXtensible Markup Language
SXSL	Extensible Stylesheet Language
XSLT	Extensible Stylesheet Language Transformations

Resumen

La I+D+i tiene actualmente una importancia crucial para el éxito y la supervivencia de las organizaciones, pero también tiene asociados numerosos riesgos y dificultades que hacen especialmente necesaria una adecuada gestión de la I+D+i, que permita aprovechar las oportunidades que presenta, minimizando los riesgos asociados. Además se precisa de un soporte automatizado e inteligente a dicha gestión, explotando el conocimiento, tanto de la propia organización, como de los entornos tecnológicos y de mercado de las organizaciones.

La principal dificultad que se encuentra para conseguir estos objetivos es la falta de un modelo que contemple el proceso de gestión de la I+D+i de forma global. Además el soporte tecnológico proporcionado actualmente a dicha gestión es muy limitado, centrándose en actividades concretas, principalmente en la gestión de ideas. Aún así no existen aproximaciones, ni a nivel comercial, ni en el campo de la investigación que faciliten la gestión integral de la I+D+i, o la gestión de ideas, de forma que se explote el conocimiento del resto de actividades de I+D+i.

Para suplir estas carencias, la investigación realizada en la presente tesis doctoral se centra en el desarrollo de un modelo completo, concreto, flexible, y basado en estándares, de la gestión de la I+D+i. Además, tras identificar el potencial de las tecnologías de la Web Semántica para proporcionar un óptimo soporte inteligente a dicha gestión, y constatar las carencias existentes en la actualidad en la aplicación de dichas tecnologías en la gestión de la I+D+i, se ha desarrollado una plataforma tecnológica que proporciona soporte automatizado e inteligente a la gestión de ideas, como proceso central de la gestión de la I+D+i.

Para ello, en primer lugar se ha realizado un estudio del estado del arte, tanto de la gestión de la I+D+i, como de las tecnologías de la Web Semántica. En el análisis del estado del arte se han constatado las carencias existentes en relación con la gestión de la I+D+i y con el soporte tecnológico que se proporciona actualmente a la misma, prestando especial atención a los intentos llevados a cabo por aplicar en ella tecnologías de la Web Semántica. Además se ha realizado un estudio de los fundamentos de la Web Semántica y de las herramientas existentes en este campo, el cual ha servido como base para los desarrollos tecnológicos realizados en la investigación emprendida.

A continuación se ha desarrollado un modelo para la gestión de la I+D+i que cumple con los requisitos identificados de completitud, concreción y flexibilidad, además de suplir las carencias identificadas en las especificaciones técnicas tomadas como base para su construcción. En el desarrollo de este modelo se ha prestado especial atención al proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i, ya que se ha seleccionado como proceso de ejemplo para realizar la investigación propuesta.

El modelo construido se ha plasmado en el desarrollo de una plataforma de gestión de ideas para proyectos de I+D+i, proporcionando a dicho proceso un soporte automatizado e inteligente. Sobre esta plataforma se ha integrado una solución basada en tecnologías semánticas, desarrollada para proporcionar el soporte inteligente al proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i, a través de la gestión del conocimiento involucrado en el mismo. Para ello se ha elaborado una ontología del dominio de la gestión de la I+D+i, integrada en un repositorio semántico enriquecido con el modelado de los dominios de las

TIC y de la ingeniería del software, ya que se corresponden con el entorno seleccionado para validar la plataforma desarrollada.

Sobre esta arquitectura semántica se ha desarrollado un sistema de extracción semántica estructurada, el cual genera el modelo semántico a partir de la información almacenada en la base de datos del sistema de gestión de ideas para proyectos de I+D+i. Además se ha desarrollado un sistema semántico que identifica distintas similitudes entre diferentes tipos de entidades del repositorio semántico, para proporcionar el soporte inteligente al proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i.

Por último se ha validado la plataforma propuesta en un entorno empresarial real, constatando, tanto la validez como la utilidad de la investigación realizada, al proporcionar un soporte automatizado e inteligente adecuado al proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i, que sirve como base para la profundizar en la investigación llevada a cabo, de cara a proporcionar dicho soporte al proceso completo de la gestión de la I+D+i.

Introducción

La I+D+i tiene actualmente una importancia crucial para el éxito y la supervivencia de las organizaciones, de cara a poder competir en un mercado globalizado que exige cada vez mayor competitividad. Pero, por otra parte, la I+D+i también tiene asociados numerosos riesgos y dificultades, debido principalmente a la incertidumbre en la obtención y el éxito en el mercado de sus resultados, y la problemática que implica la gestión de un conjunto de actividades complejas en el que entran en juego numerosos factores organizacionales, técnicos, económicos y humanos.

Para hacer frente a estos riesgos y dificultades es esencial la implantación en las organizaciones de un sistema de gestión de la I+D+i. A pesar de que se han realizado diversos intentos para definir una metodología para la gestión de la I+D+i, a día de hoy no existe ningún modelo que contemple este proceso desde un punto de vista global, integrando todas las actividades que lo componen y tienen influencia en el mismo. Sin embargo, en los últimos dos años han visto la luz dos especificaciones técnicas (a nivel nacional y europeo) que, si bien no representan una metodología propiamente dicha, sí que contemplan el proceso de la gestión de la I+D+i de forma global. Por ello se consideran las aproximaciones más interesantes de cara a elaborar un modelo para una gestión de la I+D+i útil a las organizaciones.

Por otra parte la complejidad del proceso de gestión de la I+D+i y los riesgos que ésta implica hacen especialmente necesario proporcionar soporte automatizado e inteligente a dicha gestión, a través de una adecuada y optimizada gestión del conocimiento de todas las actividades que se interrelacionan dentro de dicho proceso. Por ello se considera que las tecnologías de la Web Semántica tienen el potencial necesario para conseguir proporcionar este soporte.

En este sentido la gestión de ideas constituye el proceso central de la I+D+i, de modo que la mayoría de metodologías propuestas para la gestión de la I+D+i y los desarrollos tecnológicos existentes para su soporte se centran en él. Sin embargo, actualmente no existen, ni en el campo comercial, ni en el de la investigación, productos que proporcionen un soporte integrado a la gestión de la I+D+i, ni un soporte inteligente a la toma de decisiones. Este fenómeno se produce también si se limita el enfoque al proceso de gestión de ideas, tanto es así, que actualmente se trata del proceso que presenta mayores retos y dificultades, para los que es necesario aportar soluciones.

Las tecnologías de la Web Semántica aún no han sido aplicadas a proporcionar un soporte integrado a la gestión de la I+D+i, centrándose la mayoría de los esfuerzos realizados en procesos aislados, usualmente tratando de proporcionar algún tipo de información útil para la generación y evaluación de ideas de I+D+i. De esta forma se aprecia la carencia de una solución que proporcione soporte automatizado e inteligente desde un punto de vista integral, tanto a la gestión de la I+D+i en su conjunto, como al proceso de gestión de ideas.

El principal objetivo de esta tesis doctoral es, por tanto, el desarrollo del primer modelo completo, concreto e integrado para la gestión del proceso de la I+D+i, identificando los flujos de información entre los distintos procesos y los elementos que lo componen, pero no de forma lineal, siendo a la vez un modelo flexible, aplicable a cualquier organización, con independencia de sus características específicas, siendo apto para la innovación tanto individual como colaborativa (**Objetivo 1**). Al tratarse de un modelo basado en estándares,

las características del mismo permitirán habilitar la construcción de soluciones computacionales que, aparte de facilitar su soporte, sean de utilidad a la certificación de las organizaciones en base a dichos estándares.

Además, otros dos objetivos esenciales de la presente investigación son: (i) el desarrollo de las tecnologías necesarias para proporcionar el soporte automatizado e inteligente a la gestión de la I+D+i, en base al modelo construido (**Objetivo 2**); y (ii) la integración de las tecnologías desarrolladas en un caso de aplicación del soporte al proceso de gestión de ideas en un entorno empresarial real, para validar tanto su eficacia como su utilidad (**Objetivo 3**). Para ello se ha plasmado el modelo para la gestión de la I+D+i desarrollado en una plataforma online de gestión de ideas para proyectos de I+D+i, integrando en dicha plataforma las tecnologías semánticas necesarias para proporcionar el soporte inteligente al proceso de gestión de ideas, de forma integrada con el resto de procesos del sistema de gestión de la I+D+i. A partir de esta validación se demuestra que se han alcanzado con éxito los objetivos planteados. Estos resultados se exponen en la presente memoria, de acuerdo con la siguiente organización.

En el Capítulo 1 se presenta un estudio del estado del arte en relación a los conceptos fundamentales que son objeto de esta tesis doctoral, es decir, la gestión de la I+D+i y las tecnologías de la Web Semántica. Como base conceptual para fundamentar la investigación realizada en la presente tesis doctoral, en primer lugar, se expone una introducción a la I+D+i, su gestión, los distintos procesos que la componen, y las metodologías y normativas existentes en relación a ella. A continuación se realiza un estudio acerca de los esfuerzos llevados a cabo hasta el momento actual para prestar un soporte tecnológico a la gestión de la I+D+i. Con el objetivo de determinar las tecnologías concretas a emplear para proporcionar el soporte inteligente propuesto a la gestión de la I+D+i, se ha llevado a cabo un estudio detallado de la Web Semántica, incluyendo sus fundamentos y las herramientas disponibles para representar el conocimiento y realizar razonamientos a partir de dicha representación. Por último se expone un análisis exhaustivo de las posibilidades que ofrece la Web Semántica como base para proporcionar el soporte inteligente propuesto, y se analizan los intentos realizados hasta la fecha para aplicar las tecnologías de la Web Semántica a dicho soporte, identificando el nivel alcanzado y las carencias existentes. Todos los estudios y análisis efectuados cubren el proceso de gestión de la I+D+i, haciendo especial hincapié lo referente a la gestión de ideas.

En el Capítulo 2 se explica de forma detallada el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i, mediante el cual se habilita la optimización de los procesos de I+D+i a través de la gestión integral del conocimiento. El modelo desarrollado abarca todos los procesos de la gestión de la I+D+i, tomando como proceso central el de gestión de ideas, por lo que se le ha prestado una especial atención. En primer lugar se expone la metodología seguida para describir el modelo propuesto y la organización que sigue dicha descripción, de cara a facilitar su comprensión. Por ello, previamente a proporcionar la descripción exhaustiva del modelo propuesto, se ofrece una visión resumida del mismo y de las interacciones entre los distintos procesos involucrados. Dentro del modelo desarrollado, los procesos que lo componen se han distribuido categorizados en grupos funcionales, de la siguiente forma:

1. Entorno estratégico: (i) entorno estratégico de la organización, (ii) comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas, (iii) entorno estratégico de I+D+i; y (iv) planificación del sistema de gestión de la I+D+i.

2. Entorno analítico: (i) Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva; (ii) análisis externo; (iii) análisis interno; y (iv) análisis de riesgos y oportunidades.
3. Soporte a la I+D+i: (i) estructura organizativa del sistema de gestión de la I+D+i; (ii) recursos de I+D+i; (iii) colaboración; (iv) gestión de la propiedad intelectual e industrial; y (v) creatividad.
4. Gestión de ideas para proyectos de I+D+i: (i) generación de ideas para proyectos de I+D+i; y (ii) evaluación de ideas para proyectos de I+D+i.
5. Procesos posteriores a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i: (i) gestión integrada de la cartera de proyectos de I+D+i; (ii) proyecto de I+D+i; (iii) explotación de los resultados de I+D+i ; (iv) evaluación de los resultados de los procesos operativos de I+D+i; y (v) evaluación del desempeño y mejora del sistema de gestión de la I+D+i.

En el Capítulo 3, en primer lugar se describe funcionalmente la plataforma de gestión de ideas para proyectos de I+D+i, incluyendo el soporte automatizado e inteligente a dicha gestión, a través de la identificación de una serie de similitudes entre componentes del sistema de gestión de la I+D+i que tienen influencia en el proceso de gestión de ideas. En segundo lugar se proporciona una descripción detallada de las tecnologías de la Web Semántica desarrolladas para proporcionar dicho soporte inteligente, a través de una optimizada gestión de los flujos de conocimiento entre las distintas actividades del sistema de gestión de la I+D+i. Como parte de esta descripción, se comienza detallando la ontología desarrollada para modelar el dominio de la gestión de la I+D+i, la cual sirve como base para el desarrollo del soporte semántico. Esta ontología conceptualiza el modelo desarrollado para la gestión de la I+D+i, abarcando todos los procesos de la gestión de la I+D+i, pero haciendo especial hincapié en la gestión de ideas para proyectos de I+D+i. A continuación se proporciona la descripción de la plataforma semántica desarrollada para habilitar dicho soporte a través de la aplicación de tecnologías de la Web Semántica. Para ello se describe, en primer lugar, el sistema de extracción semántica estructurada, encargado de generar el modelo semántico asociado al sistema de gestión de ideas para proyectos de I+D+i. Posteriormente se detallan los componentes del repositorio semántico que complementa a la ontología del dominio de la gestión de la I+D+i desarrollada, integrando en ella conceptos propios de ontologías ampliamente aceptadas para facilitar su estandarización. Además, se incorporan ontologías también de amplia aceptación para modelar los dominios de las TIC y de la ingeniería del software, ya que es en estos dominios donde se ha realizado la validación de la plataforma de gestión de ideas para proyectos de I+D+i. Por último, se describe el sistema semántico desarrollado para proporcionar el soporte inteligente a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i, a través de la identificación de una serie de similitudes entre distintos tipos de entidades del repositorio semántico.

En el Capítulo 4 se describe la validación de la plataforma de gestión de ideas para proyectos de I+D+i llevada a cabo en un entorno empresarial real. Para ello, en primer lugar se proporcionan las descripciones, tanto de dicho entorno de validación, como de la metodología empleada para realizar la validación. El entorno utilizado cuenta con información de ideas de una organización dedicada al desarrollo de tecnologías en un periodo de tiempo de diez años, además de con la información correspondiente a un sistema de gestión de la I+D+i implantado y certificado en dicha organización. A continuación se detallan los casos de validación diseñados, los cuales cubren los distintos tipos de similitudes identificadas como necesarias para prestar un soporte inteligente óptimo al proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i. Como base para la validación de la plataforma, a partir de los casos diseñados, se detallan las ideas que forman parte de dicha validación, incluyendo una breve

descripción de las mismas, las tecnologías involucradas y los potenciales colaboradores identificados. Por último, se desarrolla la discusión acerca de los resultados obtenidos en el proceso de validación del sistema, los cuales muestran la validez y utilidad de la investigación emprendida. A partir de los resultados de la validación de la plataforma de gestión de ideas para proyectos de I+D+i, se constata que el soporte inteligente proporcionado sería fácilmente extensible al resto de proceso de la gestión de la I+D+i, de acuerdo con el modelo desarrollado.

Finalmente, en el Capítulo 5, se exponen las conclusiones extraídas de la investigación realizada en esta tesis doctoral y de sus resultados. En concreto se identifican los logros obtenidos y las correspondientes contribuciones científicas, además de las carencias encontradas, y las líneas futuras previstas para continuar de la investigación iniciada en la presente tesis doctoral.

Capítulo 1. Estado del arte

1.1 Introducción

El objetivo fundamental de este trabajo es el desarrollo de un modelo para la gestión de la I+D+i (Investigación, Desarrollo e Innovación) y la aplicación de las tecnologías de la Web Semántica a este modelo de cara a proporcionar soporte automatizado a dicha gestión. En consecuencia en el presente capítulo se presenta un estudio del estado del arte en relación a los conceptos fundamentales que son objeto de esta tesis doctoral, es decir, la gestión de la I+D+i y las tecnologías de la Web Semántica.

En primer lugar, en el apartado 1.2, se presenta una introducción a la I+D+i, su gestión, y los distintos procesos que forman parte de ella. Esto constituye la base conceptual para fundamentar la investigación realizada en la presente tesis doctoral. Además se realiza un estudio acerca del soporte tecnológico prestado a la gestión de la I+D+i en la actualidad.

A continuación, en el apartado 1.3, se realiza un detallado estudio de la Web Semántica, incluyendo sus fundamentos y las herramientas disponibles para representar el conocimiento y realizar razonamientos a partir de dicha representación. Esto permite determinar las tecnologías concretas a emplear a la hora de proporcionar las soluciones propuestas como objetivo de la presente investigación.

Por último, en el apartado 1.4, se proporciona un análisis exhaustivo de las posibilidades que ofrece la Web Semántica como soporte tecnológico a las actividades de I+D+i, y los intentos que se han realizado para aplicar las tecnologías de la Web Semántica a dicho soporte, identificando el alcance conseguido hasta el día de hoy y las carencias detectadas.

1.2 La gestión de la I+D+i

En este apartado se presenta una introducción a la gestión de la I+D+i, describiendo qué es y cuál es su importancia para las organizaciones. También se describe qué es un sistema de gestión de la I+D+i (en adelante SiGIDi) y qué normas existen en la actualidad para soportar esta gestión (o aspectos particulares de la misma). A continuación se introducen los distintos procesos involucrados en la gestión de la I+D+i, con el objetivo de facilitar la comprensión, tanto de la complejidad y problemas que ésta presenta, como de los contenidos tratados en el resto de esta tesis doctoral. Por último se describe el entorno tecnológico en relación a la gestión de la I+D+i, destacando los productos y proyectos dedicados a dicha gestión, y las tecnologías que actualmente se aplican como intentos a proporcionar soporte automatizado a la misma, o a alguno de sus procesos.

1.2.1 La I+D+i y su gestión

Como fundamento conceptual de la presente tesis doctoral es necesario, en primer lugar, analizar los fenómenos de la I+D+i y de su gestión, estableciendo las bases que regirán la investigación propuesta.

1.2.1.1 Qué es la I+D+i

La I+D+i implica la unión entre los conceptos de investigación (I), desarrollo (D) e innovación (i). En el presente apartado se introducen estos conceptos, aclarando el significado de la I+D+i como base fundamental para enfocar la investigación propuesta.

Según el Manual de Frascati (OCDE, 2002), la investigación y desarrollo (I+D) comprenden *“el trabajo creativo llevado a cabo de forma sistemática para incrementar el volumen de conocimientos, incluido el conocimiento del hombre, la cultura y la sociedad, y el uso de esos conocimientos para crear nuevas aplicaciones”*, englobando tres actividades: investigación básica, investigación aplicada y desarrollo experimental.

Por otra parte la “innovación”, de acuerdo con el Libro Verde de la Innovación (Comisión Europea, 1995), se considera como *“sinónimo de producir, asimilar y explotar con éxito una novedad, en las esferas económicas y sociales, de forma que aporte soluciones inéditas a los problemas y permita así responder a las necesidades de las personas y de la sociedad”*. En esta línea el Manual de Oslo (OCDE, 2005) define innovación como la *“introducción de un producto (bien o servicio) o de un proceso, nuevo o significativamente mejorado, o la introducción de un método de comercialización o de organización nuevo aplicado a las prácticas de negocio, a la organización del trabajo o a las relaciones externas”*. Esta definición coincide con la aportada en la norma europea para la gestión de la I+D+i (CEN, 2013).

El Manual de Oslo (OCDE, 2005) distingue asimismo distintos tipos de innovación: (i) de producto o servicio (bien o servicio nuevo o significativamente mejorado en sus características o en sus usos posibles); (ii) de proceso (método de producción o de distribución nuevo o significativamente mejorado); (iii) comercial (un nuevo método de comercialización que entrañe importantes mejoras en el diseño o presentación del producto, en su posicionamiento, en su promoción o en su precio); y (iv) organizativa (nuevo método de organización aplicado a las prácticas de negocio, al trabajo o a las relaciones externas de la empresa). En este sentido es importante destacar que la innovación metodológica complementa a la tecnológica, mejorando el rendimiento de ésta, gracias a la creación de capacidades complejas de innovación (Hervas-Oliver et al., 2015). También, desde el punto de vista de los cambios que conlleva la I+D+i en la organización, ésta puede diferenciarse entre incremental o disruptiva (CEN, 2013). Por otro lado, se ha encontrado que las PYMEs (pequeñas y medianas empresas) que afrontan más de un tipo de innovación presentan mayor rendimiento, debido su mayor adaptación al cambio (Gupta & Gupta, 2014).

Frecuentemente se tiende a reducir la I+D+i al ámbito tecnológico (COTEC, 2004), ya que la innovación tecnológica ha supuesto importantes contribuciones a la economía mundial (Park, 2014). La I+D+i moderna depende en gran medida de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) y la mayoría de las innovaciones que se producen están influenciadas por ellas (Kleis et al., 2014). Sin embargo existen otro tipo de innovaciones de las cuales se puede citar, a modo de ejemplo, una investigación matemática relativa al análisis de riesgos financieros, desarrollo de modelos de riesgo para la política de créditos, y creación e introducción de un servicio financiero nuevo o significativamente mejorado (OCDE, 2002).

De acuerdo con el Manual de Oslo (OCDE, 2005), el requisito mínimo para que una innovación sea considerada como tal es que el producto, proceso, método comercial o método organizativo sea nuevo (o significativamente mejorado) para la empresa y que, además, haya sido introducida en el mercado (innovación de producto o servicio), o haya comenzado a ser utilizada en el proceso productivo de la empresa (innovación de proceso, comercial u organizativa).

Una vez definidos los conceptos fundamentales es necesario remarcar que, a menudo, las referencias relacionadas con la I+D+i se limitan al ámbito de la innovación. Sin embargo, la innovación puede requerir de actividades relacionadas con la adquisición de conocimiento

previamente a la implementación e introducción de las novedades. Por ello en adelante se empleará siempre el término I+D+i, aunque los trabajos analizados hablen únicamente de innovación (o de I+D), ya que en el ámbito de la presente investigación, la innovación incluye implícitamente las actividades de investigación y el desarrollo.

Por último es necesario tener en cuenta de cara a la presente investigación que la I+D+i comprende también actividades que no son innovadoras por sí mismas, pero que son necesarias para la puesta en marcha de innovaciones. Entre estas actividades se incluyen (OCDE, 2002): (i) desarrollo de habilidades de sus recursos humanos o la contratación de nuevos recursos, y promoción del aprendizaje organizacional; (ii) observación de las rutinas que la empresa tiene establecidas; (iii) seguimiento y la vigilancia del entorno; (iv) análisis de su relación con los usuarios; (v) identificación de oportunidades; (vi) inversión en equipos, software o bienes intermedios; (vi) adquisición de invenciones o know-how procedente de organizaciones externas; (vii) desarrollo de nuevos métodos comerciales; y (viii) reorganización de sus sistemas de gestión. Todas estas actividades suponen implicaciones de gran importancia para la consecución de los objetivos propuestos en la presente investigación y serán desarrolladas en futuros apartados.

1.2.1.2 Importancia de la I+D+i de su gestión en las organizaciones

La I+D+i es un factor fundamental para el éxito y la competitividad de las organizaciones (CEN, 2013; Essmann & Du Preez, 2009; Faham et al., 2014; Perez et al., 2013a; Peng et al., 2014; Ryu et al., 2014). Es la fuerza motriz que impulsa a las empresas hacia objetivos ambiciosos a largo plazo, y que conduce a la renovación de las estructuras industriales y a la aparición de nuevos sectores de la actividad económica (Comisión Europea, 1995), por lo que es fundamental para el progreso industrial y el crecimiento económico (Kleis et al., 2014). Se considera el principal factor para la supervivencia, la competencia y el éxito a largo plazo de las organizaciones (Lin & Liu, 2012; Serrat, 2009). Esto es así debido a los continuos cambios tecnológicos, incremento de la competencia y a la globalización (de Vreede et al., 2013; Doroodian et al., 2014; Muller et al., 2014; Perez et al., 2013a; Rodríguez et al., 2014; Smith et al., 2014). Asimismo, constituye la clave para alcanzar la excelencia organizacional (Job & Bhattacharyya, 2007), permitiendo adquirir ventajas competitivas sostenibles para competir en el entorno económico, que cambia de forma rápida y continua.

De hecho el objetivo de la I+D+i de acuerdo con el Manual de Oslo (OCDE, 2005) es *“mejorar los resultados de la empresa consiguiendo ventajas competitivas (o simplemente manteniendo la competitividad) a través de cambios en la curva de demanda del producto (por ejemplo, mejorando la calidad del producto, creando productos nuevos o accediendo a nuevos mercados o grupos de clientes), a través del cambio en la curva de oferta (reduciendo los precios unitarios de producción, de compra, de distribución o de transacción) o a través de la mejora de sus habilidades para innovar (incrementando su capacidad para desarrollar nuevos productos o procesos o para conseguir o crear conocimiento nuevo)”*. La I+D+i facilita la consecución de estas mejoras competitivas a partir de la renovación y ampliación de la gama de productos y servicios, de los mercados correspondientes, y de los métodos de producción, abastecimiento y distribución, además de cambios en la gestión, en la organización y condiciones del trabajo, y en la cualificación de los trabajadores (Comisión Europea, 1995). Desde este punto de vista, la I+D+i no es una aspiración, es una especificación de diseño; no es una estrategia, es un requisito (Essmann & Du Preez, 2009).

Es muy importante tener en cuenta que, aparte de los beneficios que supone la I+D+i para las organizaciones, las actividades correspondientes suponen también una serie de riesgos que

implican una adecuada gestión de las mismas para garantizar su éxito y no conllevar consecuencias negativas (COTEC, 2004; OCDE, 2002): (i) requiere inversiones susceptibles de producir beneficios, pero sólo en el futuro; (ii) conlleva incertidumbre en lo que respecta a los resultados de las actividades innovadoras, es decir, no se conoce de antemano el resultado ni el éxito de dichas actividades; y (iii) conlleva incertidumbre en cuanto al tiempo y recursos necesarios. La presente tesis doctoral se centra, además de en facilitar la adquisición de las ventajas inherentes de la I+D+i para las organizaciones, en minimizar el impacto de estos riesgos.

Las actividades innovadoras de una empresa dependen, en parte, de la variedad y estructura de sus vínculos con las fuentes (internas y externas) de información, conocimiento, tecnologías y prácticas (OCDE, 2005). Entre los actores internos se destacan los departamentos de marketing y fabricación, proveedores, competidores y distribuidores para tener en cuenta todos los aspectos necesarios y asegurar una comercialización efectiva y eficiente de los resultados (Nobelius, 2004). Del mismo modo se consideran actores internos a la alta dirección y los mandos intermedios (los cuales son clave para asegurar el apoyo necesario), una estrategia y estructura organizacional innovadora, y metodologías efectivas (Job & Bhattacharyya, 2007). Entre los actores externos destacan laboratorios, universidades, organismos administrativos y reguladores, competidores, proveedores y clientes (OCDE, 2005), los mercados y los consumidores (Häggman, 2009).

Con todo, dentro del ámbito de la I+D+i existe una gran variedad de procesos y actores, los cuales suponen una red de implicaciones y conexiones. Para garantizar el éxito de la I+D+i en las organizaciones y minimizar los riesgos inherentes a las mismas es necesario gestionar de forma óptima todos los procesos, tanto de forma individual como desde el punto de vista de sus relaciones con otros procesos y actores.

1.2.1.3 Sistemas de gestión de la I+D+i

La I+D+i debe considerarse como un proceso continuo, sostenible y dinámico, que necesita una gestión continua, evolutiva y experta (Doroodian et al., 2014). Por lo tanto es necesario desarrollar un proceso de gestión de la I+D+i (Tan et al., 2014) como soporte a la I+D+i organizacional, la cual no es una tarea fácil (Jiménez-Jiménez et al., 2014). La gestión de la I+D+i se basa en la generación e implementación de prácticas de gestión, procesos, estructuras y técnicas alineadas con los objetivos de la organización (Tan et al., 2014).

Un sistema de gestión (cualquiera, no sólo de gestión de la I+D+i) es *“un esquema general de procesos y procedimientos que se emplea para garantizar que la organización realiza todas las tareas necesarias para alcanzar sus objetivos”* (EFQM, 2000). La I+D+i se ve en ocasiones como una serie de procesos únicos, creativos y carentes de estructura; sin embargo, las técnicas de normalización utilizadas para otras actividades de las organizaciones (por ejemplo, gestión de la calidad, gestión medioambiental, etc.) son aplicables igualmente a los SiGIDis (AENOR, 2006c). Aplicando, por lo tanto, la misma definición a un SiGIDi y reduciendo su campo de aplicación a las tareas y objetivos relacionados con la I+D+i, se define éste como *“un conjunto de elementos interrelacionados (o que interactúan) de una organización para establecer políticas y objetivos de I+D+i, y los procesos para alcanzar dichos objetivos”* (CEN, 2013). Esta sistematización facilita que las organizaciones sean más innovadoras y que consigan mayores éxitos con las innovaciones en sus productos, servicios, procesos, diseño organizacional y modelo de negocio, potenciando los resultados, el valor y la competitividad de la organización (CEN, 2013) y ofreciendo a las empresas ventajas competitivas innegables (Comisión Europea, 1995).

La implantación de un SiGIDi permite a una organización (AENOR, 2006c): “(i) asegurar que no se pierdan actividades susceptibles de generar tecnologías propias y patentes, a través de las cuales se pueden obtener beneficios adicionales por transferencia de tecnología o por desgravaciones fiscales; (ii) potenciar la I+D+i como un factor diferencial de competitividad y considerarla como tal en los esquemas de reputación corporativa; y (iii) ayudar a planificar, organizar y controlar las unidades de I+D+i, lo cual redundará en un ahorro de recursos y en una mejora de la motivación e implicación de los empleados”. Además le proporciona otra serie de beneficios relacionados con los distintos procesos de la gestión de la I+D+i (AENOR 2014; CEN, 2013): “(i) mejorar el crecimiento, los ingresos y los beneficios procedentes de las innovaciones; (ii) aportar nuevas ideas y valores a la organización; (iii) obtener valor de forma proactiva gracias a una mejor comprensión de las necesidades y posibilidades futuras del mercado; (iv) ayudar a identificar y a reducir los riesgos; (v) aprovechar la creatividad y la inteligencia colectiva de la organización; (v) obtener valor de la colaboración con otros socios para las actividades de I+D+i; y (vi) estimular la implicación del personal y fomentar el trabajo en equipo y la colaboración.”

Metodologías para la gestión de la I+D+i

Un modelo de I+D+i es una construcción conceptual general que ayuda a una organización y sus actores a establecer un marco para la I+D+i, su comprensión, desarrollo y gestión de su progreso y sus resultados (Dooly et al., 2014; Santanna et al., 2014). La gestión de la I+D+i es un campo multidisciplinar que ha ido creciendo en las últimas décadas (Zabala-Iturriagagoitia, 2014), teniendo las metodologías empleadas para los modelos de dicha gestión el reto de proporcionar un entorno creativo, para convertir ideas en productos. Por otro lado, la I+D+i es un proceso distribuido tanto en tiempo como en localización. Por todo ello se requieren metodologías no lineales, incluyendo integración de distintos sistemas y modelos de trabajo en red en los que fluya el conocimiento implícito y explícito entre empresas, proveedores y clientes (Hahn & Eschenbaecher, 2004).

En este sentido los modelos de I+D+i han evolucionado a lo largo de cinco generaciones (modelos impulsados por la tecnología, dirigidos al mercado, interactivos o en cadena, paralelos, y de networking), a partir de modelos lineales a modelos en red y abiertos (Dooly et al., 2014), donde se puede avanzar o retroceder en cada fase, a partir de su evaluación, y donde diferentes actores (internos a las organizaciones o externos, como socios o partes interesadas) pueden contribuir a lo largo de las mismas. Destacan dos manifestaciones de este tipo de modelos: (i) organizaciones virtuales (VO, del inglés “*Virtual Organization*”, o VE del inglés “*Virtual Enterprise*”), las cuales consisten en alianzas temporales de organismos autónomos y heterogéneos que unen sus competencias y recursos básicos complementarios para colaborar con el objetivo de atender mejor a una demanda dada, desmontándose después del cumplimiento de todas sus obligaciones legales; y (ii) entornos de generación de organizaciones virtuales (VBE, del inglés “*Virtual organization Breeding Environments*”), las cuales son agrupaciones de organizaciones destinadas a la creación de VO con los socios más adecuados de una forma ágil y confiable, en base a unas condiciones previas y las normas básicas de funcionamiento (Cristalli & Isidori, 2014; Diamantini et al., 2014; Santanna et al., 2014).

Los modelos abiertos se basan en nuevos paradigmas que aprovechan la llamada inteligencia colectiva (todos juntos somos más inteligentes y podemos obtener mejores resultados que cualquiera de nosotros individualmente) (Brandtner et al., 2014; Smith et al., 2014), entre los que destacan: (i) la innovación abierta (OI, del inglés “*Open Innovation*”), es decir, el uso de los flujos de conocimiento internos para acelerar la I+D+i, y externos para ampliar los

mercados y explotar los resultados (Hüsig & Kohn, 2011); (ii) la herramienta para recoger ideas, innovaciones, o información conocida como crowdsourcing (Aitamurto et al., 2011); (iii) la colaboración masiva (en inglés “*peer production*”); y (iv) los ecosistemas de OI centrados en el usuario, denominados con el concepto inglés “*living labs*” (Brandtner et al., 2014). Estos paradigmas han comenzado muy recientemente a ser investigados académicamente y requieren de una mayor investigación para que se puedan alcanzar los resultados esperados (Aitamurto et al., 2011; Huizingh, 2011).

La gestión de la I+D+i, por otra parte, lleva asociados los riesgos de unos altos costos y tasa de fracaso. Para abordar dichos riesgos se creó el modelo ICMM (del inglés “*Innovation Capability Maturity Model*”), en el cual se definen cinco niveles de madurez (Knoke, 2013): (i) ad hoc (las salidas son inconsistentes e impredecibles); (ii) definida (necesidad de innovar identificada y definida, donde los resultados son inconsistentes, pero trazables); (iii) soportada (con prácticas, procedimientos y herramientas implementadas, y resultados consistentes que mantienen la cuota de mercado); (iv) alineada (actividades y recursos integrados y alineados, donde los resultados suponen una fuente de diferenciación); y (v) sinérgica (sincronización de las actividades y recursos, donde los resultados proporcionan una ventaja competitiva sostenida).

En el ámbito académico se han llevado a cabo diferentes aproximaciones al desarrollo de metodologías relacionadas con la gestión de la I+D+i. La mayoría de los modelos de I+D+i existentes están dirigidos al sector de las manufacturas, y no tienen en cuenta un escenario abierto donde los proveedores de servicios pueden participar en todas las fases del proceso de I+D+i en forma de red colaborativa, compartiendo beneficios, costos y riesgos (Santanna et al., 2014). Además de eso, la mayoría de los modelos se limitan a los procesos operativos (Dooly et al., 2014), o incluso únicamente al de gestión de ideas (Perez et al., 2013a), dejando de lado otros procesos, como los estratégicos o de análisis (apartado 1.2.2). Por otro lado son modelos muy abstractos, que no proporcionan procesos detallados, limitándose a describir las principales fases y procesos generales necesarios para llevar a cabo la I+D+i a través del denominado “embudo de la innovación” (generación y/o selección de ideas, desarrollo conceptual, diseño/especificación, implementación y explotación) (Santanna et al., 2014).

En cuanto a ejemplos concretos, de cara a demostrar las afirmaciones anteriores, en esta tesis doctoral se destacan los casos más recientes: un marco metodológico para gestionar la I+D+i tecnológica en las PYMEs, basado en una aproximación “diseño / metodología / emprendimiento” y en una matriz de continuidad y cambio (Gupta & Gupta, 2014); un framework teórico basado en trece principios que sirve como guía en la implementación de GCSS (del inglés “*Group Creativity Support Systems*”), para mejorar el rendimiento de grupos que trabajan en la generación y evaluación de ideas (Voigt & Bergener, 2013); un marco teórico que proporciona una serie de prescripciones estructuradas sobre cómo comunicar las ideas en base a “artefactos de innovación”, los cuales a su vez pueden servir de estímulo para la colaboración con distintas partes interesadas (Ciriello et al., 2014); un framework metodológico para mejorar la efectividad de los concursos de innovación, basado en las barreras identificadas en ellos, y en el soporte al proceso posterior, para que los prototipos se transformen en servicios viables (Hjalmarsson et al., 2014); un modelo basado en sistemas grises (no se dispone de toda la información) para la medición del rendimiento de la I+D+i en las empresas (Li et al., 2014b); un modelo teórico para los procesos de difusión de innovaciones que aplica la teoría CAS (del inglés “*Complex Adaptive Systems*”) y simulación basada en agentes (Nan et al., 2014); un modelo para la evaluación de la capacidad de I+D+i de las organizaciones para guiar futuros procesos de I+D+i, denominado

“*Innovation Capability Framework*” (Rodríguez et al., 2014); o, desde el punto de vista de la OI, una metodología de soporte la I+D+i colaborativa (en forma de red abierta) entre PYMES proveedoras de software basado en SOA (del inglés “*Service-Oriented Architecture*”), la cual identifica no sólo los procesos (análisis del potencial de ideas esbozadas superficialmente, explicación detallada de ideas, formación de la VO que ejecutará la innovación, plan de proyecto y modelos de negocio y de propiedad intelectual e industrial (PI), conceptualización de la solución SOA, desarrollo del software, y lanzamiento de la solución SOA), sino también las cuestiones principales para su soporte (Santanna et al., 2014).

También se han diseñado herramientas metodológicas para la gestión ideas, proceso central de la gestión de la I+D+i al que se proporcionarán mecanismos de soporte en esta tesis doctoral, entre la que destaca la propuesta de puesta en práctica de talleres de diseño rápido (en inglés “*rapid design labs*”), los cuales son talleres de varios días donde los equipos trabajan conjuntamente para resolver problemas de negocio, generando, combinando y evaluando ideas. Se trata de una aproximación iterativa y multifuncional orientada por el diseño para facilitar la innovación, alineando organizaciones y generando valor de negocio (Nieters & Pande, 2012)

Como conclusión al estudio realizado se comprueba que ninguna de las aproximaciones metodológicas y de evaluación de la gestión de la I+D+i en el ámbito científico presenta una visión global, cubriendo todos los aspectos involucrados en la misma, los cuales se exponen en el apartado 1.2.2, al tratar el proceso de gestión de la I+D+i, y en el Capítulo 2, al tratar el modelo propuesto para dicha gestión.

Normativas de referencia para la gestión de la I+D+i

La primera normativa a nivel mundial que se elaboró para asistir a las organizaciones en la gestión de sus actividades de I+D+i es la norma española “*UNE 166002:2006 - Gestión de la I+D+i: Requisitos del Sistema de Gestión de la I+D+i*” (AENOR, 2006c), publicada por AENOR en mayo de 2006. Su objeto es proporcionar directrices que van más allá de los requisitos establecidos en otras normas de sistemas de gestión, con el fin de considerar tanto la eficacia como la eficiencia de un SiGIDi y, por lo tanto, la mejora de los resultados, así como la de los procedimientos de transferencia interna de éstos para optimizar los procesos de I+D+i de la organización. Esta norma ha sido actualizada en 2014 (AENOR, 2014), tomando como base la norma europea (CEN, 2013), la cual, a su vez, se elaboró partiendo de la anterior versión de la norma española (AENOR, 2006c).

Alrededor de la norma UNE166002:2006 se han desarrollado una serie de normas que constituyen la familia de normas españolas para la gestión de la I+D+i: “*UNE 166000:2006 - Gestión de la I+D+i: Terminología y definiciones de las actividades de I+D+i*” (AENOR, 2006a), “*UNE 166001:2006 - Gestión de la I+D+i: Requisitos de un proyecto de I+D+i*” (AENOR, 2006b), “*UNE 166006:2011 - Gestión de la I+D+i: Sistema de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva*” (AENOR, 2011), que es una actualización de una norma anterior (AENOR, 2006b), y “*UNE 166008:2012 - Gestión de la I+D+i: Transferencia de tecnología*” (AENOR, 2012b), las cuales están alineadas con la normativa de sistemas de gestión de la calidad (ISO, 2008) y de gestión ambiental (ISO, 2004).

También a partir de la UNE 166002 se desarrollaron otras normas en distintos países, algunas de las cuales son prácticamente una traducción de ella como, por ejemplo, las normas portuguesas y brasileñas (APCER, 2007a) (APCER, 2007b) (APCER, 2007c) (ABNT, 2011) (ABNT, 2012), o la norma británica (BSI, 2008) con la que tiene partes comunes. Además existen normativas anteriores relacionadas en otros países como Francia, si bien no abordan

la gestión de la I+D+i de forma global (CAIRN, 1991) (CAIRN, 1998) (CAIRN, 2003) (CAIRN, 2004).

En Julio de 2013 se publicó la norma europea para la gestión de la I+D+i “*CEN/TS 16555-1:2013 - Innovation Management - Part 1: Innovation Management System*” (CEN, 2013), la cual tiene por objeto “*orientar a las organizaciones en la introducción, el desarrollo y el mantenimiento de un marco para las prácticas de gestión sistemática de la I+D+i*”. La elaboración de esta norma fue liderada por AENOR y se basa en gran medida en la anterior versión de la norma española (AENOR, 2006c), completada con piezas adicionales que se centran en aspectos como la gestión de la creatividad, de la colaboración, o de la PI. Como se ha mencionado, en 2014 AENOR actualizó la norma española a partir de la norma europea (AENOR, 2014).

Debido a su carácter integral (contemplan todos los procesos de la gestión de la I+D+i), como principales normas de referencia para la presente investigación se han elegido las normas europea (CEN, 2013) y española (AENOR, 2014) para la gestión de la I+D+i. De esta forma se garantiza que los procesos (y las relaciones entre los mismos) sobre los que se basará el presente trabajo constituyen, por un lado, un marco útil para las empresas y, por otro, permiten la internacionalización de los resultados. Como se explica en el Capítulo 2, estas normas suponen simplemente un marco conceptual general para la gestión de la I+D+i, pero no constituyen un modelo aplicable directamente a una solución computacional para el soporte automatizado de la misma, por lo que es necesario el desarrollo del modelo propuesto para la gestión de la I+D+i realizado en esta tesis doctoral y explicado en dicho capítulo.

También se tomará como referencia la norma que regula la gestión de la vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva (VT/IC) (AENOR, 2011), ya que complementa a las normas generales en este aspecto fundamental para la gestión de la I+D+i, en las cuales no se encuentra suficientemente desarrollado ni enfocado.

1.2.2 El proceso de gestión de la I+D+i

Como se ha visto en el apartado 1.2.1, existen distintos tipos de procesos, elementos y actores relacionados con la I+D+i. En el presente apartado se introducen todos estos conceptos recogidos en la literatura, justificando su necesidad, y facilitando la comprensión de los contenidos del resto del capítulo y del modelo completo para la gestión de la I+D+i propuesto en esta tesis doctoral, el cual se explica en el Capítulo 2.

Distintos autores señalan diferentes actividades que componen el proceso de gestión de la I+D+i. Un ejemplo son las seis etapas (creación, filtrado, toma de decisiones, aceptación, implementación y explotación) definidas por Carbone y sus colegas (2010). La identificación de los procesos tratados en este apartado se ha realizado en base a las normas de referencia, las cuales constituyen lo que podemos denominar como “modelo canónico”. La descripción de los mismos se ha realizado en base a la información procedente de un amplio rango de informes y artículos científicos, de forma que se justifica la necesidad de dichos procesos.

Por lo tanto, a continuación se introducen los principales procesos asociados a la gestión de la I+D+i y la necesidad de los mismos para optimizarla, justificando la necesidad de gestionar distintos elementos estratégicos, analíticos, de soporte, operativos, y de evaluación y mejora continua, bajo el marco de una cultura innovadora, para garantizar el éxito de las actividades de I+D+i. En el Capítulo 2 se realiza un análisis exhaustivo de cómo plantea cada normativa los distintos procesos fundamentados en el presente apartado, proponiendo un modelo

completo para la gestión de la I+D+i, en base a esta normativa y al resto de literatura analizada.

1.2.2.1 Cultura innovadora y motivación

Como consideración previa a los distintos procesos que forman parte de la gestión de la I+D+i, se introduce la necesidad de establecer en las organizaciones una cultura innovadora, y de involucrar al personal desde el principio en los cambios tecnológicos y sus implicaciones para la producción y la organización del trabajo, lo cual se considera un factor decisivo para el éxito de las actividades de I+D+i (Comisión Europea, 1995).

Fomentar la I+D+i es una tarea esencial para las empresas (Ciriello et al., 2014), y la cultura organizacional es uno de los elementos clave, tanto en el fomento como en la inhibición de la I+D+i (Naranjo-Valencia et al., 2011). En este sentido los modelos y estándares organizacionales promueven claramente una cultura que enfatiza la estabilidad y el control en lugar de la creatividad y la innovación (Muller et al., 2014). La capacidad de I+D+i de las empresas depende fundamentalmente del soporte que ésta de a sus empleados en las realización de nuevas ideas (Ciriello et al., 2014), existiendo paradójicamente en ellas frecuentemente elementos que “matan” estas nuevas ideas (Nieters & Pande, 2012). Además, los aspectos culturales de una organización afectan significativamente al conocimiento y la satisfacción de los trabajadores, a su capacidad para comunicarse, experimentar, adaptarse a los cambios y aprender continuamente (Alves et al., 2005). La cultura innovadora debe entenderse como un modo de pensar, y cada persona dentro de la organización es responsable de contribuir a su crecimiento, a partir de su fomento por parte de la organización, para conseguir que las personas estén concienciadas y motivadas acerca de la importancia de la I+D+i y de su contribución a la efectividad del SiGIDi (CEN, 2013).

Por otro lado es necesario motivar e ilusionar al personal, impulsando su participación y fomentando la creatividad y el trabajo en equipo (AENOR, 2006c). La motivación en el terreno de la I+D+i puede ser inducida a través de factores extrínsecos (recompensas y premios monetarios y no monetarios), factores intrínsecos (disfrute, motivación social a través de la retroalimentación positiva de la comunidad, la reputación entre sus compañeros, la auto-realización) o una mezcla de ambos (Bullinger & Möslein, 2010; Carbone et al., 2010). Un ejemplo de herramienta popular para la motivación extrínseca son los concursos de innovación, los cuales, aunque se consideran positivos (Hüsigg & Kohn 2011), tienen un impacto modesto en la I+D+i (Makkonen & Inkinen, 2014), y sólo unos pocos de los prototipos desarrollados se convierten en servicios viables (Hjalmarsson et al., 2014). El desafío técnico que suponga un proyecto también es un factor importante para la motivación, ya que los científicos e ingenieros tienden a estar motivados por el componente de reto técnico de un proyecto (Vermaa et al., 2011). Es necesario fomentar la motivación intrínseca y social, a pesar de que en las organizaciones son mucho más comunes, sin embargo, los programas de remuneración extrínseca (Bullinger & Möslein, 2010). En este sentido la investigación en NPD (del inglés “*New Product Development*”) ha identificado una serie de prácticas organizacionales asociadas con el apoyo a la creatividad e I+D+i organizacional, entre los que se incluyen la comunicación frecuente y abierta, el trabajo inter-funcional (del inglés “*cross functional work*”), la implementación de esquemas de alto compromiso, la actitud hacia el riesgo y el compromiso de la alta dirección (Bunduchi, 2009).

En resumen, para mejorar la creación de conocimiento, la creatividad y el fomento de la I+D+i, las organizaciones deben estar abiertas al cambio, fomentar la comunicación, valorar

ideas nuevas e inusuales, tolerar errores, proporcionar motivación intrínseca, articular espacios creativos y de experimentación en nuevas ideas, etc. (Auernhammer & Hall, 2014).

1.2.2.2 Entorno estratégico

Con el fin de garantizar el éxito en el largo plazo de la I+D+i, ésta debe entenderse en un contexto organizacional más amplio, de acuerdo con la posición estratégica de la empresa, la cual proporciona el marco para la estrategia de I+D+i y, por lo tanto, para la naturaleza de las innovaciones individuales que la empresa pretende desarrollar (Pesonen, 2008). Además, al reflejar las prioridades y valores de las organizaciones, la estrategia de éstas supone un impacto en la creatividad y la I+D+i (Martins & Terblanche, 2003).

Por otro lado es evidente que cualquier empresa que no está preparada para satisfacer las diversas demandas de sus potenciales clientes corre el riesgo de perderlos en favor de competidores más ágiles (Alves et al., 2005). De hecho las empresas deben reorientar el énfasis de sus programas de investigación a partir del descubrimiento y la aplicación de nuevos procesos para la búsqueda de soluciones para las necesidades del cliente (Quelin, 2000), y se recomienda interactuar con él para el descubrimiento de requisitos y validación de problemas (Park & Park, 2014). Por lo tanto, aparte de la estrategia de la organización, para una adecuada gestión de la I+D+i se deben tener en cuenta estas necesidades. A este respecto la norma europea para la gestión de la I+D+i indica que, aunque es especialmente importante para la organización entender las necesidades de los clientes y usuarios, también existen otras partes interesadas, como colaboradores, proveedores, distribuidores, organizaciones de investigación, autoridades públicas, empleados, directivos, accionistas, etc. (CEN, 2013). En relación con los proveedores un estudio realizado en las industrias cervecera y manufacturera demuestra cómo la gestión de la relación con éstos (aspecto que es más desafiante cuánto más radical sea la innovación) facilita la exploración de nuevas ideas y la explotación (identificando nuevas oportunidades y permitiendo romper barreras organizacionales) de resultados de I+D+i (Cai et al., 2014).

Para una organización es indispensable contar con una estrategia de I+D+i claramente definida a partir de los elementos anteriores (Kerssens-van Drongelen et al., 1996). Esta estrategia orienta las actividades de I+D+i de una organización al especificar qué tipo de innovaciones y en base a qué cambios (tecnológicos, no tecnológicos y organizativos) deben llevarse a cabo, cómo se desarrolla el proceso de I+D+i, y a quién están dirigidas las innovaciones (Pesonen, 2008). Para ello en esta estrategia se diseñan las decisiones relacionadas con las funciones de I+D+i y la forma en que se aplican. Estas decisiones se refieren a los criterios de rendimiento que se persiguen, los procesos operativos, de gestión y de apoyo, las tecnologías necesarias para llevar a cabo estos procesos, así como la estructura y cultura de la organización (Kerssens-van Drongelen et al., 1996). El resultado de la implementación de la estrategia de I+D+i son los cambios y la evolución de la oferta de productos de la empresa (Pesonen, 2008), lo cual proporciona a la misma la capacidad de anticiparse a las necesidades futuras (Kerssens-van Drongelen et al., 1996). También es importante tener en cuenta que esta estrategia está influenciada por distintos tipos de análisis. Por ejemplo, la detección temprana de oportunidades tecnológicas es crucial para formular la estrategia tecnológica y planificar la investigación y el desarrollo (Yoon & Kim, 2012).

En relación a los diferentes tipos de estrategia de I+D+i se ha encontrado que en las industrias de alta tecnología las estrategias encaminadas a la creación de nuevos productos dirigidos a mercados existentes, o a la mejora de productos dirigida a nuevos mercados, es menos eficaz en relación al incremento en el número de ventas que las que se dirigen a la

mejora de productos orientada a mercados existentes. Sin embargo, en el caso de las industrias de tecnología media-alta, la estrategia más eficaz es la que dirige a la creación de nuevos productos dirigidos a mercados existentes (Oh et al., 2015).

1.2.2.3 Entorno analítico

Existe una clara influencia del uso de fuentes de información internas y externas en la propensión de las empresas a introducir innovaciones en el mercado, permitiéndoles anticiparse a sus competidores. Se ha confirmado empíricamente que la explotación y la asimilación de los recursos, tanto internos como externos, proporcionan a las empresas ventajas competitivas (Mention, 2010). Por lo tanto se deben combinar de manera efectiva los conocimientos externos e internos a la organización, y conseguir su integración (Wi et al., 2011), ya que la adquisición de conocimiento externo complementa a las actividades internas de I+D+i y esto supone un beneficio para la organización (Cassiman & Veugelers, 2006). En este sentido la construcción de una red de conocimientos (espacio virtual de trabajo colaborativo en red entre distintas organizaciones o individuos) ayuda a las empresas en sus limitadas competencias internas (Wi et al., 2011).

En relación al análisis del entorno externo, la vigilancia tecnológica (VT) y la inteligencia competitiva (IC) son herramientas fundamentales ya que en el entorno competitivo de los negocios, la detección temprana de oportunidades tecnológicas es crucial para formular la estrategia tecnológica y planificar la investigación y el desarrollo (Yoon & Kim, 2012). La VT consiste en la observación sistemática, el análisis y uso de la información tecnológica, permitiendo a las empresas ser conscientes de su entorno externo y aprender de él, evaluando y adaptando su estrategia y sus competencias internas (Zabala-Iturriagaitia, 2014). Además, *“proporciona mejoras en el acceso y gestión de los conocimientos científicos y técnicos, así como en la información sobre su contexto de aplicación, junto a la comprensión a tiempo del significado e implicaciones de los cambios y novedades en el entorno”* (AENOR, 2011). Por ello es indispensable en la toma de decisiones para el desarrollo de un nuevo producto, servicio o proceso en una organización, además de para la toma de otro tipo de decisiones importantes para la empresa (Macías et al., 2009). También ayuda en la gestión de las competencias necesarias para la I+D+i, ya que permite la adquisición de nuevas capacidades tecnológicas cruciales para las empresas que quieran desarrollar conceptos que conduzcan a nuevos productos o procesos y, posteriormente, a innovaciones exitosas (Alves et al., 2005). Además permite renovar la cartera de competencias de la empresa mediante la identificación de nuevas tecnologías que son propensas a convertirse en decisivas en el futuro (Quelin, 2000).

Por otro lado *“la puesta en marcha de un proyecto de I+D+i individual o colaborativo en un entorno nacional e internacional competitivo y en constante cambio es una decisión que requiere la movilización de conocimiento e información de alto nivel, por lo que la gestión de la I+D+i necesita apoyarse en una adecuada gestión de la IC”* (CEN, 2013). Aparte de información y conocimiento para el soporte a las decisiones, la IC proporciona a las organizaciones análisis de valor (CEN, 2013), siendo las capacidades para realizar estos análisis rasgos característicos de la empresa innovadora (Comisión Europea, 1995). La IC está estrechamente relacionada con la VT, debido a la necesidad de usar la tecnología como catalizador de la I+D+i, combinándola con ideas de negocio y de mercado (IBM, 2006).

El dominio de las patentes tiene un gran impacto en la economía internacional y representa una gran parte del conocimiento científico-tecnológico mundial (Bermúdez-Edo et al., 2013). Es por esto que supone una de las principales fuentes en el ámbito de la VT/IC, para, por

ejemplo, proporcionar información de competidores, y estar al tanto de los últimos descubrimientos científicos (Eisinger et al., 2014), o para predecir tendencias (He & Li, 2014) y medir la capacidad de innovación de las compañías (Bermúdez-Edo et al., 2013) a partir de su análisis. Por ello la búsqueda de patentes está tomando cada vez más relevancia (Wang et al., 2013).

A partir de los análisis (externo e interno) se deben determinar los problemas (o riesgos) y oportunidades que se presentan en las actividades de I+D+i (AENOR 2014; CEN, 2013). Para esta labor usualmente se utiliza el análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas, Oportunidades), el cual es un famoso instrumento usado en gestión estratégica (Vulturescu et al., 2011). El análisis DAFO se aplica principalmente en la identificación y análisis de los entornos internos y externos con el fin de dar soporte a la toma de decisiones estratégicas. Como dato ejemplificador de la importancia de este instrumento se desataca el hecho de que es la herramienta más utilizada en Finlandia entre los ejecutivos de las 500 empresas más grandes para el soporte a las actividades de toma de decisiones y de planificación (Pesonen, 2008).

1.2.2.4 Soporte a la I+D+i

La transformación de ideas en innovaciones en base a la información estratégica y analítica, requiere de una serie de procesos de soporte, los cuales se introducen a continuación, justificando la necesidad de los mismos.

Recursos de I+D+i

La capacidad para desarrollar innovaciones rápida y eficazmente, y para introducirlas en el mercado depende sustancialmente del conocimiento cada vez más complejo y el desempeño creativo de todos los empleados durante todo el proyecto de I+D+i (Bullinger et al., 2005). Por ello los recursos humanos (en adelante RRHH) son un factor determinante, en el que juega un papel fundamental la formación inicial y continua para proporcionar las capacidades básicas necesarias y la adaptación constante a nuevas necesidades. Numerosos estudios muestran cómo un personal mejor educado, formado e informado ayuda a fortalecer la I+D+i (Comisión Europea, 1995). Además, la intensidad de la relación entre los empleados y la diversidad de los mismos tienen un impacto significativo en la I+D+i, y particularmente en la creatividad (Peng et al., 2014).

En sentido inverso es importante destacar que una empresa innovadora tiene más posibilidades de contar con una buena cartera de competencias que una empresa que no lo es (Quelin, 2000). Esto es debido a que es más fácil para una compañía innovadora contar con personal cualificado, ya que los nuevos productos, servicios y mercados, crean oportunidades para la atracción de empleados altamente cualificados a la hora de poder contratarles y retenerles en la organización (Carbone et al., 2010).

Colaboración

Las empresas no suelen innovar en solitario. Su capacidad de innovar y desarrollar ideas creativas y nuevos productos depende de su interacción con otras empresas y organizaciones, como clientes, proveedores, instituciones de investigación, organizaciones públicas y gubernamentales, etc. (Alves et al., 2005). Se trata de un hecho ampliamente aceptado en la actualidad. Por ejemplo, un estudio que recaba la opinión de numerosos CEO (del inglés “*Chief Executive*”) destaca la gran importancia de la I+D+i colaborativa, más allá de las paredes de la empresa (IBM, 2006).

En este sentido establecer buenos contactos y relaciones de cooperación a largo plazo con centros de investigación, universidades y consultoras hace posible que una empresa se mantenga al tanto de las normativas que rigen su negocio (Higgins & Yarahmadi, 2014), las últimas novedades tecnológicas, las tendencias en investigación y las innovaciones que pueden llegar a ser significativas en el tiempo (Quelin, 2000). Las empresas pueden, de esta forma, apoyarse en la gestión de problemas comunes, acceder a recursos y competencias de otra manera inaccesibles (Higgins & Yarahmadi, 2014; Quelin, 2000), aumentar las perspectivas de I+D+i a largo plazo, obtener apoyo en la resolución creativa de problemas y en las actividades de generación de ideas y compartir los costes y los riesgos inherentes a los procesos de I+D+i (Alves et al., 2005).

Desde el punto de vista de los modelos abiertos de gestión de la I+D+i las ventajas de la colaboración abierta (OC, del inglés “*Open Collaboration*”) en la innovación (equivalente a OI) radican en que los participantes crean bienes y servicios de valor económico, intercambian y reutilizan el trabajo del otro, trabajan profusamente sin necesidad de una coordinación estricta, y permiten que cualquiera pueda contribuir y consumir los conocimientos generados (Levine & Prietula, 2013). Todo esto mejora la capacidad de I+D+i de la empresa y reduce la incertidumbre del proceso de I+D+i (Zuoming et al., 2014). A través de experimentos computacionales se ha demostrado que la OC tiene buen rendimiento incluso en entornos aparentemente difíciles (pocos cooperadores, diversidad deficiente, cooperación entre competidores, o con “polizones”), concluyéndose que la OC es un motor robusto y viable para la I+D+i (Levine & Prietula, 2013). Sin embargo, también se ha demostrado que un exceso de apertura incrementa el coste de la transacción de conocimiento entre las organizaciones, crea dependencias de recursos externos y aumenta la probabilidad de que las tecnologías esenciales queden fuera del control de la empresa, de forma que la relación entre OI y la capacidad de I+D+i de una empresa se comporta como una U invertida (Zuoming et al., 2014).

En relación a la colaboración en proyectos de I+D+i la selección de los socios adecuados es un aspecto de vital importancia y en el que destacan los siguientes factores (Yang et al., 2014): desempeño, capacidad, excelencia, reputación, facilidad de cooperación (lengua, cultura, logística, etc.), incentivos (financieros, legales, etc.), y motivaciones y preferencias de los profesionales. Por otra parte para construir un consorcio exitoso el proyecto debe estar en línea con las estrategias de cada socio, y con sus actividades reales; y los socios deben tener competencias, capacidad operativa y cultura similares, aparte de capacidades científicas y reputación comparables (Quelin, 2000). Los colaboradores se pueden clasificar en tres tipos: amigos, conocidos y extraños, dependiendo de su experiencia anterior en alianzas con ellos. Cuanto más radicales sean los objetivos de I+D+i de una alianza, es más probable que ésta se forme entre amigos que entre extraños (Li et al., 2008).

El tipo de cooperación a establecer está también relacionado con los objetivos y fundamentos que se persiguen, siendo distinta en el caso de innovaciones incrementales que de innovaciones radicales (IBM, 2006). En los últimos años también se ha producido una tendencia importante a la “coopetición” (colaboración entre empresas competidoras) para lograr diversos beneficios relacionados con la I+D+i (Ritala & Sainio, 2014). Sin embargo aún existe una falta de consenso en la literatura existente sobre si es beneficiosa en el caso de innovaciones radicales o si sólo es compatible con mejoras incrementales, debido a la similitud de las bases de conocimiento entre los competidores. En cualquier caso, con alianzas de I+D+i cada vez más complejas (por ejemplo, internacionales o multilaterales), la

cuidadosa selección de socios es una cuestión crítica, principalmente cuando las empresas deciden exponer sus activos tecnológicos valiosos a los colaboradores (Li, 2006).

La colaboración también puede basarse en contratación de investigación fundamental o aplicada, o de conocimiento científico o formación. Con este fin las empresas pueden participar en acuerdos de base científica, los cuales representan relaciones entre las universidades, centros de investigación y laboratorios privados (Mention, 2010). Entre las expectativas de los participantes en este tipo de cooperación destacan el acceso a redes de expertos, a tendencias científico-tecnológicas, y la renovación de capacidades en el campo correspondiente. Como factores para el éxito de un programa de cooperación entre la universidad y la industria destacan las dependencias con la confidencialidad respecto a terceros, el interés mutuo en el proyecto, una relación continuada en el tiempo y la rápida explotación de los resultados (Quelin, 2000).

Por último un concepto importante en el ámbito de la colaboración es el de transferencia tecnológica, es decir, el proceso consistente en el intercambio de procesos, tecnología, conocimiento y productos entre distintas partes interesadas (Shvaiko et al., 2010). La transferencia tecnológica se traduce usualmente en la transferencia de conocimiento desde centros de investigación a la industria para el desarrollo y comercialización de productos. En este sentido, para que las redes de cooperación multidisciplinar y multisectorial puedan promover la creatividad, la I+D+i y el desarrollo de nuevos productos, los actores involucrados deben aprender cómo transferir conocimientos y la forma de mantener los vínculos y la motivación para ello (Alves et al., 2005).

Gestión de la propiedad intelectual e industrial

La protección del conocimiento y de los resultados de I+D+i posibilita contar con más tiempo para que la empresa obtenga beneficios de sus creaciones, y también permite cosechar mayores márgenes de beneficio, siempre y cuando los productos y servicios de la competencia sigan siendo inferiores (Hurmelinna-Laukkanen, 2011). Por otro lado es necesario gestionar la protección de los conocimientos en las colaboraciones de I+D+i, la cual tiene implicaciones importantes para las posibilidades de éxito de las mismas (Li, 2006). Esto es así dado que cuando una empresa trabaja en conseguir un mayor nivel de protección, el intercambio de conocimientos con diferentes partes interesadas se hace más probable, lo cual, a su vez, mejora el rendimiento de su I+D+i (Hurmelinna-Laukkanen, 2011). Por lo tanto una I+D+i eficaz requiere que las empresas compartan su conocimiento básico y, al mismo tiempo, se aseguren de que no van a perder ni ese conocimiento ni ventajas competitivas futuras correspondientes al mismo (Hurmelinna-Laukkanen, 2011). Pero lo más importante no son los mecanismos de protección, sino su uso de manera eficiente.

Previamente a iniciar acciones de protección es necesario analizar cuidadosamente los documentos de patentes, lo cual no sólo permite aumentar la eficiencia y eficacia al hacer inventos sustancialmente nuevos, sino también reducir el riesgo de infringir los derechos de terceros (Wang & Cheung, 2011). Como se ha mencionado anteriormente en este mismo apartado, y se volverá a ver en el Capítulo 2 (apartado 2.5.2.1) esta información se obtiene en el proceso de VT/IC.

Por último es interesante tener en cuenta que los enfoques alternativos abiertos al intercambio de conocimientos cuestionan la creencia generalizada de que la protección estricta de estos derechos es la única forma sostenible de mantener una ventaja competitiva (Chesbrough, 2003). De cualquier forma la gestión de la PI es esencial para todo tipo de organizaciones, ya

que no sólo se puede utilizar para proteger las invenciones, sino que puede ayudar a estimular la creación de otras nuevas (Hüsig & Kohn 2011).

Creatividad

La creatividad es una combinación de flexibilidad, originalidad y sensibilidad a las nuevas ideas que capaciten para romper con la secuencia habitual de pensamiento, en secuencias diferentes y productivas, el resultado de lo cual proporciona satisfacción a uno mismo y probablemente también a otros (Powell Jones, 1972). El resultado de la creatividad es la generación de ideas nuevas y útiles o la combinación de ideas existentes en conceptos nuevos y útiles para satisfacer una necesidad (Farid-Foad et al., 1993). Esta producción de ideas que supone la creatividad puede darse por un individuo de forma individual o grupo de individuos trabajando conjuntamente (Amabile, 1998).

Tomando como base que las innovaciones en cualquier organización sólo pueden proceder de las personas y no de los sistemas (Smith et al., 2014), la creatividad es un aspecto de gran importancia en el proceso de I+D+i (Hahn & Eschenbaeher, 2004) y una precondition crítica para su éxito, siendo la generación de ideas novedosas y creativas la clave para la I+D+i y el crecimiento en las organizaciones (de Vreede et al., 2013). Creatividad e I+D+i son términos que se confunden e intercambian frecuentemente (Ciuciu et al., 2014). Por ejemplo, algunos autores definen la creatividad como la capacidad de producir trabajos novedosos, considerándola tanto el punto de partida como la raíz de la I+D+i (Lin & Liu 2012). Sin embargo, también es habitual hacer una diferenciación mayor, considerando a la creatividad como el proceso de generación de ideas para la I+D+i (Alves et al., 2005; Brennan & Dooley, 2005; Flynn et al., 2003). Si bien ambos términos se interrelacionan y afectan a la capacidad de la organización para satisfacer las demandas futuras, no son lo mismo. El proceso de I+D+i comienza con una etapa de generación de ideas para nuevos “productos” o soluciones a problemas, que es donde se produce principalmente la creatividad (Farr & Ford, 1990); siendo la creatividad el proceso mental que ayuda a generar nuevas ideas (AENOR, 2006c), y la idea creativa la base para las innovaciones (Ettlie, 2000), por lo que juega un papel crítico en el proceso de I+D+i (Serrat, 2009). Por lo tanto se podrían diferenciar ambos conceptos estableciendo que la creatividad es la síntesis de nuevas ideas y conceptos por la reestructuración radical y re-asociación de los ya existentes, mientras que la I+D+i es la aplicación de los resultados de la creatividad (McAdam & McClelland, 2002).

De hecho una organización que no potencia la creatividad corre el riesgo de no tener en un futuro productos nuevos o mejorados, y dependerá únicamente de la compra de los creados por terceros (Hussey, 1997). Las organizaciones, por lo tanto, deben desarrollar una cultura que fomente un ambiente creativo y gestionar eficazmente el proceso de la creatividad, construyendo una base para innovaciones y mejoras continuas, y creando un ambiente que proporcione apoyo y a la vez sea desafiante para generar una creatividad particularmente alta en los individuos (Lin & Liu 2012). En este sentido se generan ideas de mejor calidad en un entorno creativo (Bhagwatwar et al., 2013) y sin presiones de tiempo (Herndon et al., 2013). En otras palabras, la creatividad organizacional mejora la excelencia creativa (Job & Bhattacharyya, 2007). Por otra parte algunos estudios apoyan una relación directa entre el clima creativo y el rendimiento de las organizaciones (Lin & Liu 2012). De esta forma las organizaciones creativas generan nuevas ideas y conceptos y las utilizan de manera flexible en la creación de innovaciones, introduciendo nuevos productos en el mercado continuamente, lo cual les permite sobrevivir (Martensen & Dahlgaard, 1999). Además la investigación demuestra que las organizaciones que proporcionan capacidades y herramientas

para la creatividad tienen mejor rendimiento en cuanto a ingresos, despliegue de nuevos productos, y crecimiento (de Vreede et al., 2013).

Aparte de como fuente para la generación de ideas para el desarrollo de innovaciones, la creatividad es una herramienta que permite generar ideas para múltiples propósitos como, por ejemplo, resolver un problema concreto en un proyecto, encontrar un nombre para un producto, realizar una campaña de marketing, etc.

Las principales técnicas para facilitar la creatividad son las tormentas de ideas, los mapas mentales, y el pensamiento lateral (Smith et al., 2014). El uso de metáforas y el pensamiento lateral permiten tender puentes entre diferentes dominios conceptuales. Una característica general de estas técnicas es que fomentan que se eviten los caminos de pensamiento y estructuras mentales habituales, lo cual se facilita, por ejemplo, al exponerse a entornos físicos inusuales o a través de la introducción de conceptos absurdos.

1.2.2.5 Procesos operativos de la I+D+i

A continuación se proporciona una introducción a los procesos centrales de la I+D+i, es decir, aquellos en los que se transforman ideas en resultados y se explotan los mismos.

La Figura 1 representa el ciclo de procesos operativos de la I+D+i, o “embudo de la innovación”, según la norma europea (CEN, 2013).

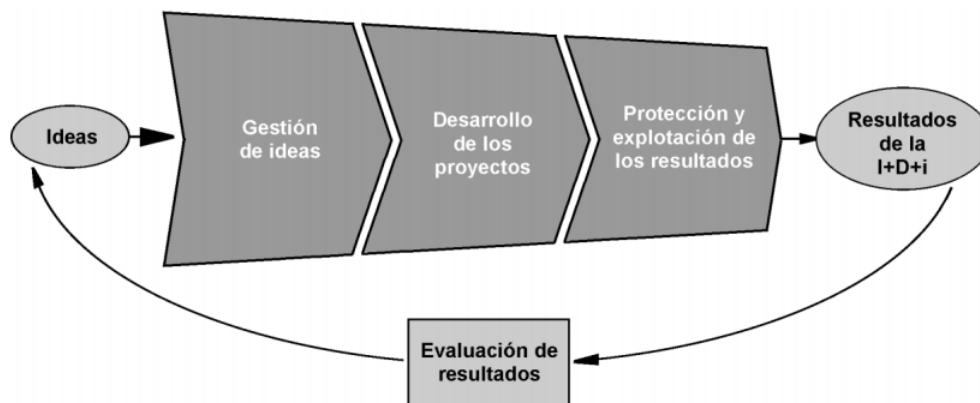


Figura 1. Procesos operativos de la I+D+i (AENOR, 2014)

Como puede verse, la entrada a estos procesos son una serie de ideas, que en el modelo propuesto en esta tesis doctoral para la gestión de la I+D+i proceden de los procesos de creatividad (apartado 2.5.3.5) y de colaboración (apartado 2.5.3.3). Estas ideas son agrupadas en caso necesario y transformadas en ideas para proyectos de I+D+i, de modo que se posibilite su gestión (apartado 2.5.4). Si las ideas son evaluadas positivamente y finalmente se transforman en proyectos se procede a la gestión (apartado 2.5.5.1) ejecución (apartado 2.5.5.2) y de los mismos. Posteriormente los resultados obtenidos durante la ejecución de los proyectos se explotan (apartado 2.5.5.3), y protegen en caso necesario (apartado 2.5.3.4). Por último se evalúan los resultados obtenidos y la explotación de los mismos (apartado 2.5.5.4), sirviendo esta evaluación como entrada para la toma de decisiones en el SiGIDi relacionadas con la obtención y gestión de ideas.

Gestión de ideas

La gestión de ideas es la fase central del proceso de I+D+i (Perez et al., 2013b). De hecho, como se ha visto en el apartado 1.2.1.3, frecuentemente se identifica al proceso de gestión de

ideas (generación, análisis, enriquecimiento, selección) como el proceso de I+D+i (Perez et al., 2013a), cuando es la parte principal del mismo, pero no la única.

Aparte de la creatividad, las fuentes de ideas innovadoras son de amplio alcance: quejas de clientes, sistemas de acción correctiva, sucesos inesperados, buzones de sugerencias, desarrollos de proveedores, estudios de benchmarking, etc. (Flynn et al., 2003). En un estudio cuantitativo estas fuentes han sido identificadas como (i) empleados (41%), (ii) socios y clientes (más del 35% cada uno), (iii) consultores y competidores (más de un 20% cada uno), y (iv) las unidades de ventas y de I+D+i (menos de un 20% cada una) (IBM, 2006). Como se explica en el Capítulo 2 (apartado 2.5.4.1), en el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i las quejas de clientes, sugerencias, desarrollos previos, investigación de mercado, etc. no se consideran fuentes de ideas, ya que no generan ideas en sí mismas, sino entradas para orientar la generación de ideas para proyectos de I+D+i.

A partir de las ideas generadas por las distintas fuentes, como paso previo a la consecución de innovaciones es necesario realizar un cribado (habitualmente a partir de un elevado número de ellas), y refinarlas hasta conseguir una idea elaborada que cubra todas las necesidades (McAdam & McClelland, 2002). En esta tesis doctoral, como se explica en el apartado 2.5.4.1, el proceso de cribado y refinamiento será considerado un paso dentro del proceso de generación de ideas para proyectos de I+D+i, es decir, elaboración de ideas completas a partir de las numerosas ideas producidas por las distintas fuentes.

Una vez generadas las ideas completas para potenciales proyectos de I+D+i, éstas deben ser evaluadas adecuadamente. Para ello se debe definir un método de selección de ideas, en el que se identifiquen y establezcan los criterios generales de evaluación y de selección de ideas a adoptar y desarrollar. El método de selección debe valorar una serie de factores (económicos, productivos, legales, sociales, tecnológicos) para garantizar el éxito de la idea (AENOR, 2006c).

Una vez que se selecciona una idea, ésta se desarrolla típicamente a través de un proyecto de I+D+i y/o por medio de colaboraciones externas, alianzas, fusiones y adquisiciones. Sin embargo no siempre es posible desarrollar ideas inmediatamente para convertirlas en innovaciones (CEN, 2013), por lo que de cara a la presente tesis doctoral se ha decidido afrontar la evaluación de ideas como una actividad que dará como resultado ideas aceptadas (o desestimadas) desde el punto de vista de criterios estratégicos, técnicos, de innovación y viabilidad para la obtención de los resultados previstos (apartado 2.5.4.2), pero su paso a proyectos de desarrollo dependerá de otros criterios que se exponen en el punto siguiente.

Como puede intuirse por la información analizada (y como se explica en el apartado 2.5.4) existen múltiples interacciones entre la gestión de ideas para proyectos de I+D+i y otros procesos del SiGIDi.

Desarrollo y gestión de la cartera de proyectos

Las ideas creativas se deben implementar, es decir, convertir en innovaciones reales, para ser de utilidad real a la organización (Mathisen & Einarsen, 2004). El primer paso para ello es planificar la cartera de proyectos, lo cual constituye un problema complejo desde los puntos de vista cognitivo y computacional (Nayebi & Ruhe, 2014). En esta actividad, el mercado global y la intensa competencia obliga a que las organizaciones seleccionen la mejor cartera de proyectos de I+D+i, de forma que utilicen sus escasos recursos de la manera más eficaz (Karsak, 2006). Otro de los factores que se deben tener en cuenta a la hora de configurar una óptima cartera de nuevos productos y proyectos es el equilibrio en cuanto a duración y coste

del proyecto o la sostenibilidad de la ventaja competitiva resultante (Weissenberger-Eibl & Teufel, 2011), lo cual supone la base para la construcción de un conjunto de activos tecnológicos esencial para asegurar ventajas competitivas (Mikkola, 2001). Hay que tener en cuenta que la selección de proyectos de I+D+i es un proceso de toma de decisiones complejo (Meade & Presley, 2002) debido a muchos factores difíciles de medir, como la incertidumbre, las interdependencias entre proyectos, riesgos y tiempo de espera largo hasta la obtención de resultados (Bhattacharyya et al., 2011).

Por lo general hay tres objetivos que debe cumplir una cartera óptima de proyectos de I+D+i (Kraslawski, 2006): (i) efectividad (proyectos que contribuyan a alcanzar los objetivos estratégicos de la organización); (ii) eficiencia (grupo de los proyectos capaces de garantizar, con el más alto grado de probabilidad, el cumplimiento de las medidas de rendimiento como valor de los accionistas, beneficios a largo plazo, retorno de la inversión, etc.); y (iii) diversificación (grupo de proyectos para los cuales hay un balance asegurado de entre las posibles ganancias y pérdidas). Algunas de estas características ya se han tenido en cuenta en la evaluación de ideas, ya que las ideas aceptadas cumplen con los criterios de efectividad, además de con algunos criterios de eficiencia no explicitados por Kraslawski, como son la viabilidad científico-técnica, las posibilidades de financiación, o la posibilidad de contar con los colaboradores adecuados, como se explica en el apartado 2.5.5.1. Además se encuentran los siguientes criterios para medir el éxito de la cartera de proyectos (Jonas, 2010): (i) el promedio de éxito de los proyectos en relación a las limitaciones de tiempo, presupuesto y alcance, y la satisfacción del cliente; (ii) el aprovechamiento de las sinergias entre los proyectos de la cartera que, además, aumenta el valor global de la misma; (iii) el encaje con la estrategia de la empresa; y (iv) el saldo de la cartera en términos del área de aplicación y el uso de la tecnología desarrollada.

Por otra parte una correcta planificación de la ejecución de los proyectos de I+D+i es esencial para acortar el tiempo de lanzamiento al mercado de las innovaciones de nuevos productos, lo cual es y seguirá siendo uno de los factores críticos de éxito para la competitividad (Bullinger et al., 2005). Para ello las organizaciones necesitan aumentar su capacidad para simplificar la complejidad de los proyectos, de modo que se puedan identificar, validar y mantener los factores que causan los costes principales en los mismos.

A la hora de llevar a cabo el seguimiento de los proyectos de I+D+i en desarrollo muchas empresas no se conforman con una mera evaluación estática del progreso de un proyecto dado, sino que ven también deseable llevar a cabo verificaciones periódicas para asegurar que el proyecto cumple las orientaciones estratégicas y los planes de desarrollo (Quelin, 2000). Para ello se consideran necesarias dos tipos de políticas: (i) aumentar la capacidad de monitorización de los proyectos de I+D+i mediante la mejora de los procedimientos internos; y (ii) implementar procedimientos que permitan una evaluación eficaz de estos proyectos.

Por último un fenómeno común en las organizaciones es la gestión simultánea de múltiples proyectos de I+D+i, ya que en ellas se suelen ejecutar varios proyectos al mismo tiempo y, por lo tanto, la puntualidad en la finalización de los mismos (es decir, el desarrollo de los productos adecuados en el momento adecuado) es para las organizaciones un motivo de preocupación. Teniendo en cuenta que las prioridades de los proyectos de I+D+i y las interdependencias entre los mismos en una empresa cambian dinámicamente, la gestión de varios proyectos de I+D+i simultáneos es una tarea compleja y difícil (Vermaa et al., 2011). Para esta gestión se proponen las siguientes fases (Jonas, 2010): (i) gestión de los recursos (asignación eficaz y eficiente de unos recursos que son limitados); (ii) dirección de la cartera

(seguimiento continuo de la situación actual en términos de alineamiento estratégico y utilización de la capacidad de la organización, así como el desarrollo de medidas correctoras en caso de desviaciones); y (iii) el aprendizaje organizacional y la explotación de la cartera (re-evaluación de los resultados de un proyecto una vez que éste ha finalizado y sale de la cartera, o incluso tiempo después).

Explotación de los resultados de I+D+i

El éxito en la gestión de las actividades de I+D+i depende en gran medida de la eficacia con la que la empresa pueda obtener, crear y transferir conocimientos y resultados, tanto dentro como fuera de la misma (Hurmelinna-Laukkanen, 2011). Por ello, para mantener una ventaja competitiva las empresas deben desarrollar capacidades para absorber, retener, desarrollar, organizar, transferir y utilizar sus recursos de conocimiento (Mu et al., 2010). De hecho si una idea no se ha desarrollado y transformado en un producto, proceso o servicio, o si no se ha comercializado, no se considera como una innovación (García y Calantone, 2002).

Pero la explotación de los resultados no solo se basa en la comercialización, pudiendo producirse también (o exclusivamente) una explotación interna de los mismos. En relación a este aspecto, aunque el conocimiento es una fuente potencial de ventajas competitivas, su mera posesión en una parte de una organización no significa necesariamente que otras partes se beneficien de él, por lo que es necesario difundirlo a todas las unidades que lo necesiten (Mu et al., 2010). Debido a ello una comprensión completa del proceso de transferencia de conocimiento debe tener en cuenta de forma simultánea las capacidades de difusión de los titulares de los conocimientos y las de absorción de los beneficiarios de los mismos. La transferencia de conocimientos entre distintas unidades ofrece oportunidades para el aprendizaje mutuo y la cooperación entre ellas, lo cual estimula la creación de nuevos conocimientos, y contribuye a su capacidad para innovar, además de a la competitividad de la empresa (Tsai, 2011).

Como paso previo a la explotación propiamente dicha es necesario realizar actividades de diseminación de las innovaciones, las cuales se centran en la difusión de mensajes acerca de dichas innovaciones a lo largo del tiempo, a través del entorno social, utilizando diversos canales de comunicación (Nan et al., 2014).

Evaluación de los resultados del proceso de I+D+i

El desempeño de la I+D+i se mide fundamentalmente como el porcentaje del volumen de negocio de la empresa relacionado con los productos que son nuevos o se han mejorado notablemente durante los tres años anteriores (Hurmelinna-Laukkanen, 2011). Otros criterios de medición identificados son el número de nuevos productos, el tiempo de salida al mercado y el número de patentes registradas (Carbone et al., 2010). Algunos de estos indicadores agrupados dan una idea de la velocidad (la rapidez para generar un producto o proceso en relación con los competidores) y magnitud (grado en que se generan nuevas ideas, productos, procesos o servicios) de la I+D+i (Liao et al., 2010). También se puede utilizar la medición de la satisfacción del mercado, la cual proporciona información relevante acerca de la perspectiva del cliente con respecto a un proyecto específico que tiene un resultado tangible dirigido a un mercado definido (Chiesa & Frattini, 2009).

Un estudio presentado por Chiesa & Frattini (2009) tomando como base empresas italianas muestra que el diseño y el uso de dos PM (del inglés “*Performance Measurement*”) diferentes (indicadores cuantitativos y cualitativos) para las actividades de I+D puede ser una solución válida cuando los costes adicionales y la complejidad organizativa que esto supone sean tolerables. Este estudio también muestra que: (i) las PM son claramente multidimensionales;

(ii) el rendimiento financiero se controla fundamentalmente a nivel de proyecto y de mercado, mientras que la capacidad de innovación se mide principalmente a nivel individual; (iii) el desempeño económico-financiero se puede evaluar correctamente sólo a nivel de proyecto; (iv) los indicadores cuantitativos son predominantes cuando se trata de medir el desempeño económico-financiero, en tanto que los cualitativos lo son a la hora de medir el resto de dimensiones; (v) en lo que se refiere a los estándares de medición, los internos son, sin duda, los más ampliamente adoptados para las dimensiones financiera y de eficiencia interna, mientras que los internos y externos (con un ligero predominio de estos últimos) se utilizan para la perspectiva del cliente y la capacidad de I+D+i; y (vi) la frecuencia de medición es regular, y las frecuencias más altas (mensualmente) se generalizan sólo para el rendimiento financiero y de eficiencia interna, a nivel de proyecto.

1.2.2.6 Evaluación y mejora del desempeño del sistema de gestión de la I+D+i

Debido a la naturaleza dinámica del proceso de I+D+i, una parte fundamental de dicho proceso en una empresa es la monitorización y medición de su capacidad de I+D+i para garantizar el desarrollo continuo de estos esfuerzos de gestión (Doroodian et al., 2014). La medición de los procesos de I+D+i es fundamental tanto en el entorno profesional como en el académico. Esto supone explorar la medida en que una organización es nominalmente innovadora o si la I+D+i está integrada en toda la organización, e identificar las áreas de mejora (Adams et al., 2006). Además permite a los gestores probar sus decisiones acerca de la actividad innovadora de la empresa y diseñar escenarios que puedan sostener o mejorar la producción de nuevos productos y procesos (Galanakis et al., 2000).

Estas mediciones se asocian generalmente al concepto de “indicadores clave de rendimiento” (KPI, del inglés “*Key Performance Indicators*”), los cuales se utilizan para supervisar el rendimiento de determinadas actividades de cara a identificar criticidades e ineficiencias, y predecir tendencias futuras. Los KPI no sólo se refieren a indicadores relacionados con la medición de tiempos y costes de las actividades, sino que también abarcan indicadores relativos a la supervisión de aspectos relacionados con la I+D+i como, por ejemplo, el número de nuevas ideas generadas durante un proyecto o qué proporción de esas ideas se han transformado realmente en desarrollos (Smith et al., 2014)

La medición de los procesos de I+D+i se presta a la desagregación en diversos análisis realizados de forma separada (Adams et al., 2006). Ante la ausencia de un marco integral, Adams y sus colegas (2006) realizaron una revisión de la literatura relacionada con este proceso en la empresa y desarrollaron un marco sintetizado del mismo. Este marco consta de siete categorías y una serie de factores, cuya importancia en la medición se ha demostrado empíricamente. La Tabla 1 muestra esta propuesta de categorías y áreas de medición.

Categoría	Áreas de medición
Recursos	Personas, recursos físicos y financieros, herramientas.
Gestión del conocimiento	Repositorio de conocimientos, flujos de información, generación de ideas.
Estrategia de I+D+i	Orientación estratégica, liderazgo estratégico.
Organización y cultura	Cultura innovadora, estructura organizacional.
Gestión de la cartera	Balance del riesgo/retorno, uso de herramientas de optimización.
Gestión del proyecto	Eficiencia del proyecto, herramientas, comunicación, colaboración.
Comercialización	Estudio de mercado, pruebas de mercado, marketing y ventas.

Tabla 1. Áreas de medición de la Gestión de la I+D+i (Adams et al., 2006)

Las investigaciones recientes no difieren sustancialmente de esta propuesta, destacando un exhaustivo análisis a partir del cual se propone una escala de cuatro dimensiones para medir la capacidad de I+D+i (Doroodian et al., 2014): conocimiento y gestión de la tecnología, gestión de ideas, desarrollo de proyectos, y capacidades de comercialización.

Como puede apreciarse, estos marcos de medición abarcan algunos de los procesos de I+D+i cubiertos en el presente apartado, si bien no explícitamente en todos los casos. Por ejemplo, en relación a la gestión del conocimiento, se incluye la gestión del conocimiento explícito e implícito en poder de la organización, así como la recopilación y uso de los procesos de información, lo cual podría corresponder con los procesos del entorno analítico (apartado 1.2.2.3). En cualquier caso se puede observar que las categorías propuestas se centran principalmente en la medición de los procesos operativos de la I+D+i (apartado 1.2.2.5), requiriendo mayor especificidad en el resto de procesos del SiGIDi.

1.2.2.7 Actividades comunes con los sistemas de gestión

Además de las anteriores, un SiGIDi debe contemplar otra serie de actividades comunes a cualquier sistema de gestión, como documentación o compras. Estas actividades, debido a su carácter general, no son relevantes para el propósito de la presente tesis doctoral.

En este sentido cabe destacar que las normas de referencia (AENOR 2014; CEN, 2013) están alineadas con la normativa de sistemas de gestión de la calidad (ISO, 2008) y de gestión ambiental (ISO, 2004) con la finalidad de aumentar la compatibilidad de las normas en beneficio de la comunidad de usuarios (AENOR, 2006). El SiGIDi puede ser autónomo o puede integrarse en las operaciones y gestión básicas de la organización (CEN, 2013).

1.2.3 Soporte tecnológico a la gestión de la I+D+i

Recientes estudios empíricos demuestran que las TIC influyen positivamente en la I+D+i, bien estando la mayoría de las innovaciones actuales basadas totalmente en ellas, o bien incorporándolas en mayor o menor medida (Kleis et al., 2014; Ryu et al., 2014). Para ello ambos factores (I+D+i y TIC) deben estar alineados (Raymond et al., 2014), y debe existir en las organizaciones un alto grado de madurez tecnológica (Peng et al., 2014).

En este apartado se muestra una introducción a los principales intentos de proporcionar soporte tecnológico tanto a procesos aislados como a la gestión integral de la I+D+i. El análisis se ha distribuido en categorías, analizando en primer lugar productos comerciales y en segundo lugar artículos científicos. No se incluyen los trabajos relacionados con las tecnologías de la Web Semántica, ya que se dedica un apartado (1.4.3.1) especialmente a esta cuestión, tras analizar las carencias de la aplicación de las tecnologías tradicionales al soporte a la gestión de la I+D+i (apartado 1.4.1). La principal conclusión obtenida es que existe una necesidad no cubierta de una solución tecnológica que proporcione al personal involucrado en el proceso de I+D+i un soporte apropiado para una aceleración eficaz de las innovaciones, la cual es una carencia clásica identificada (Bullinger et al., 2005) a la que aún no se ha dado respuesta.

1.2.3.1 Productos tecnológicos de soporte a la gestión de la I+D+i

Existen múltiples historias de fracaso del uso de software comercial para gestionar la I+D+i, por lo que muchos estudios sugieren que el software debe ir acompañado de nuevas prácticas cuyos beneficios compensen las curvas de aprendizaje asociadas a ellas (Tan et al., 2014).

De acuerdo con Forrester las plataformas de gestión de la I+D+i han evolucionado a partir de las herramientas de gestión de ideas (Townsend, 2008). El software de gestión de ideas existe desde hace años, proporcionando la funcionalidad de "buzón de sugerencias virtual". Actualmente estas herramientas de software incorporan características más avanzadas, como redes sociales, discusiones online, votaciones, e intercambio de ideas, todas ellas diseñadas para aumentar la participación y la eficacia del proceso de I+D+i.

En relación al análisis de herramientas comerciales para la gestión de la I+D+i, destaca un informe más reciente (Gliedman, 2013) que analiza los productos de los 14 principales proveedores de este tipo de plataformas, especificados en la Tabla 2.

Empresa	Producto	Versión	Fecha de lanzamiento
BrainBank	Idealink	8.0	Enero 2013
Brightidea	Innovation Suite	Winter 2012	Septiembre 2012
CogniStreamer	Innovation Portal	3.16	Febrero 2013
Hype Innovation	Hype Enterprise	8.01	Enero 2013
IdeaScale	IdeaScale	2013	Enero 2013
Imaginatik	Innovation Central	11.02	Septiembre 2012
inno360	Inno360	2.8	Marzo 2013
InnoCentive	Challenges	4.23.1	Febrero 2013
	Work	3.23.2	Febrero 2013
Innovation Factory	PIT	4.19	Enero 2013
InnovationCast	InnovationCast	3	Enero 2013
Kindling	Kidling	3.12.1	Febrero 2013
Nosco	App	2	Mayo 2012
Qmarkets	Ideation	5.7	Septiembre 2012
Spigit	Spigit	3.4	Diciembre 2012

Tabla 2. Principales plataformas de soporte a la gestión de la I+D+i (Gliedman, 2013)

Todas estas plataformas se basan en funcionalidades relacionadas con ideas: algunas se centran en retos, otras en la colaboración, otras incluyen gestión de ideas, otras proporcionan cierta inteligencia a la hora de evaluarlas, etc.

La mayoría de estas plataformas proporcionan funcionalidades de soporte a la gestión de ideas como, por ejemplo, comunicación, interacción social, o capacidades de análisis, a partir de desarrollos propios, inclusión de herramientas de terceros o la capacidad de integración con otras herramientas comerciales. Sin embargo ninguna aborda la gestión de ideas teniendo en cuenta sus relaciones con el resto de procesos de la gestión de la I+D+i.

De entre las principales plataformas la más interesante desde el punto de vista de los objetivos de la presente investigación es *Innovation Factory*, ya que se centra en la gestión del conocimiento, permitiendo reutilizar las ideas y los conocimientos almacenados en retos anteriores. Sin embargo tampoco utiliza el conocimiento procedente de otros procesos de la gestión de la I+D+i para proporcionar soporte a la gestión de ideas.

A continuación se presenta un estudio específico en relación a las principales herramientas comerciales para la gestión de ideas.

Sistemas de gestión de ideas

Un sistema de gestión de ideas o IMS (del inglés “*Idea Management System*”) es un software que asiste en la recolección de ideas, su almacenamiento, análisis, evaluación y selección para su futura implementación (Murah et al., 2013; Westerski et al., 2010). Sin embargo existen definiciones que incluyen las fases de implementación y despliegue de la idea (Perez et al., 2013b; Westerski et al., 2011), lo cual contribuye a la confusión existente entre el proceso de gestión de la I+D+i, los procesos operativos de la misma y el proceso de gestión de ideas, vistos en el apartado 1.2.2.5. El objetivo de un IMS, en resumen, es permitir a las organizaciones gestionar el descubrimiento, incubación, aceleración y escalado de ideas a partir de las que generar valor a través del desarrollo de innovaciones (Poveda et al., 2012).

En la última década los IMS han ampliado su cobertura para permitir la recolección de ideas procedentes de grandes comunidades para la mejora de la colaboración en la generación, evaluación y gestión de las ideas (Westerski et al., 2013). Con este objeto proporcionan funcionalidades de crowdsourcing que permiten el enriquecimiento de ideas con comentarios, información contextual, o conexiones con otras ideas relevantes (Perez et al., 2013b).

En relación a las funcionalidades proporcionadas por los IMS actuales, destaca un estudio realizado por Hrastinski y sus colegas (2010) sobre más de cincuenta sistemas. Este estudio señala que los sistemas comerciales actuales emplean métodos de evaluación de ideas bastante simples, en la mayoría de los casos basados en el análisis de estadísticas (número de ideas por usuario, resultados de votaciones, número de comentarios, etc.) o métricas de negocio internas (retorno de la inversión, valor de mercado, etc.) realizadas por expertos, llegando a la conclusión de que ninguno de los dos enfoques, en la práctica, tiene un impacto significativo en que las ideas lleguen a ser implementadas (Westerski et al., 2013).

Las principales funcionalidades soportadas por estos IMS son (Hrastinski et al., 2010): (i) envío de ideas (80%) por empleados, clientes y, en algunos casos, colaboradores, catalogadas fundamentalmente en categorías predefinidas; (ii) definición de problemas (57%) por la organización, a partir de los cuales los usuarios pueden sugerir soluciones; (iii) análisis y solución a problemas (69%), en algunos casos proporcionando soporte a través de técnicas como TRIZ, teoría para resolver problemas en el ámbito de las invenciones (del ruso “*Tieoriya Riesheniya Izobrietatielskij Zadach*”) y, en otros casos, centrándose en la creatividad o en otros mecanismos como los mapas mentales; (iv) evaluación (84%), analizando la calidad de las ideas y soluciones proporcionadas, llevada a cabo por los usuarios (normalmente a través de votaciones o comentarios), o directamente por la propia organización; (v) colaboración (82%) entre usuarios en las funcionalidades anteriores, fundamentalmente a través de mecanismos de comunicación y compartición de recursos ; (vi) directorio de expertos (25%), especialmente útil en el caso de OI; y (vii) marketplace (22%), poniendo en contacto a potenciales “productores” y “consumidores” de innovaciones.

1.2.3.2 Tecnologías aplicadas a la gestión de la I+D+i en el ámbito de la investigación

En este apartado se presentan los principales trabajos de investigación en el campo de la CAI (del inglés “*Computer-Aided Innovation*”), es decir, la aplicación de tecnologías a la gestión de la I+D+i, prestando especial atención a los más recientes. Estos trabajos se han analizado en base a los objetivos de la presente tesis doctoral, esto es, analizando su capacidad para proporcionar asistencia inteligente a los gestores en la toma de decisiones. Como se ha explicado en la introducción al presente apartado, se deja para el apartado 1.4.3.1 la descripción de la aplicación de las tecnologías semánticas en el soporte a los procesos de

I+D+i y su gestión. Como consideración previa hay que desatacar que el soporte tecnológico por sí solo no mejora la rentabilidad de las actividades de I+D+i, sino que para ello es necesario que este soporte se complemente con la información y el conocimiento específico de la empresa (Zhang, 2011).

De forma general se evidencia la carencia de aproximaciones que den soporte a la gestión de la I+D+i teniendo en cuenta todos sus procesos, encontrándose tres categorías principales de los mismos soportados frecuentemente por las herramientas de CAI (Hüsigg & Kohn 2011): (i) gestión estratégica (ayudan a los gerentes de I+D+i a hacer frente a cuestiones estratégicas, como la gestión de la cartera de proyectos o la gestión de posibles escenarios); (ii) gestión de ideas (cubren la generación, recopilación y evaluación de ideas, aunque el estudio no menciona el soporte inteligente a este proceso); y (iii) gestión de patentes (aplicándose generalmente metodologías como TRIZ).

A continuación se muestran las principales tecnologías empleadas como soporte al paradigma de OI (apartado 1.2.1.3) para, posteriormente, tratar las tecnologías empleadas en distintos procesos de la gestión de la I+D+i independientes, haciendo principal hincapié en el soporte a la gestión de ideas. Por último, se analizan las últimas tendencias en el campo de la CAI.

Tecnologías aplicadas a la innovación abierta (OI)

El cambio de paradigma estratégico (de cerrado a abierto) de la I+D+i en muchas empresas ha conducido a una nueva forma de CAI (Hüsigg & Kohn 2011), debido a la necesidad de una intensa colaboración, comunicación y networking entre distintos actores (Charalabidis et al., 2014). La OI se basa principalmente en soluciones colaborativas, impulsadas por las nuevas posibilidades tecnológicas que ofrece lo que se conoce como *Web 2.0* (Hüsigg & Kohn 2011). El término utilizado para referirse a las diferentes aplicaciones y tecnologías asociadas a la Web 2.0 es software social, y su aplicación en entornos empresariales se denomina software social empresarial (del inglés “*Enterprise Social Software*”) o *Enterprise 2.0*, en el que se basan las denominadas plataformas software de I+D+i social (Perez et al., 2013a).

Las tecnologías de la Web 2.0 han habilitado el desarrollo de redes sociales utilizadas en I+D+i como, por ejemplo, SRNS (del inglés “*Social Research Network Sites*”), servicios basados en Web que permiten colaborar, compartiendo información entre investigadores (Bullinger et al., 2010). Quizás los ejemplos más convincentes de las TIC aplicadas a la OI son el crowdsourcing (habilitado por las redes sociales) y la producción de código abierto (Whelan et al., 2014), además de blogs y sitios Web para compartir fotos y vídeos (Aitamurto et al., 2011). Aparte de las redes sociales se propone el uso de wikis, ya que permiten la convergencia de opiniones a través de un flujo de información sin obstáculos, lo cual es especialmente útil para construir antecedentes importantes (como el alineamiento de objetivos) para el éxito de los proyectos de colaboración (Soeldner et al., 2009). También destaca la combinación de nuevas tecnologías Web como RSS (del inglés “*Really Simple Syndication*”), además de otras como XML (del inglés “*eXtensible Markup Language*”), JavaScript y otras, que pueden resumirse en el término AJAX (del inglés “*Asynchronous JavaScript and XML*”), el cual permite desarrollar interfaces de usuario Web ricas e interactivas (similares al software de escritorio), fáciles de usar para usuarios sin formación tecnológica (Hüsigg & Kohn, 2011), permitiendo que la Web sea mucho más dinámica e interactiva.

Como ejemplo de software social aplicado en el soporte a la I+D+i en las organizaciones de forma genérica destaca una plataforma wiki colaborativa denominada *WeKeyInnovation* (WKI) (Faham et al., 2014). Esta plataforma proporciona acceso online a información

relacionada con métodos, herramientas, software, financiación, consultoría, etc. con el objetivo de facilitar a las organizaciones la gestión y el apoyo a sus procesos de I+D+i. También permite la construcción de un observatorio dinámico basado en la recopilación de datos empíricos y valiosos acerca de las prácticas y necesidades reales de las organizaciones, para definir políticas más eficientes y mejorar la formulación de planes estratégicos de I+D+i. Desde el punto de vista de la aplicación de mecanismos populares en redes sociales a la gestión de ideas, destaca el uso extensivo en las comunidades de I+D+i online de mecanismos de clasificación simples, como los pulgares arriba/abajo o valoración (5 estrellas), los cuales no producen rankings de ideas válidos (Riedl et al., 2010). Por último, cabe destacar la importancia que tienen este tipo de mecanismos sociales para la colaboración en actividades relacionadas con el proceso de creatividad (Smith et al., 2014).

Soporte tecnológico a procesos independientes de I+D+i

En relación al soporte al entorno estratégico destaca el uso del paquete comercial de modelado de negocio iThink¹, para proporcionar monitorización dinámica de los efectos de las decisiones relacionadas con la gestión de la I+D+i (Galanakis et al., 2000).

En el terreno de la VT/IC destacan una serie de trabajos recientes basados en la aplicación de técnicas de análisis semántico (no de tecnologías de la Web Semántica) para el descubrimiento de información tecnológica relevante a partir de la descripción textual de patentes. El primero de ellos consiste en un framework semántico que sigue un mecanismo de preguntas-respuestas (He & Li, 2014). Para ello utiliza SRL (del inglés “*Semantic Role Labelling*”), una disciplina del Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN) que trata de identificar argumentos en elementos de una frase para asignarles etiquetas semánticas. Consigue mejorar el rendimiento de la aplicación de SRL en frases largas, separando cada frase en una estructura más simple antes de realizar la asignación de etiquetas. Otro ejemplo destacado en este sentido es un método para la detección de nuevas oportunidades tecnológicas a través del análisis semántico de patentes basada en estructuras SAO (del inglés “*subject-action-object*”) (Yoon & Kim, 2012). Estas estructuras son sentencias ordenadas sintácticamente que pueden extraerse automáticamente a través de PLN, y muestran explícitamente las relaciones entre componentes tecnológicos en las patentes, pudiendo así codificar las principales conclusiones de los inventos y la experiencia de los inventores. Este método permite la cuantificación de diferencias estructurales a través de la detección de valores atípicos para identificar patentes inusuales o distintivas en un área tecnológica determinada, algunas de las cuales pueden representar nuevas oportunidades tecnológicas. En este sentido también destacan otras técnicas de análisis semántico, como un mecanismo para la búsqueda de patentes basado en la expansión de consultas semánticas utilizando un esquema de frecuencia de términos de domino, y en computación basada en similitudes semánticas para la expansión de términos (Wang et al., 2013), o el análisis semántico de frases preposicionales en chino para la traducción automática de patentes (Hu et al., 2013). Como ejemplo de aplicación de tecnologías más tradicionales destaca el desarrollo de un esquema de base de datos (BD) relacional orientado al almacenamiento eficiente y consulta de artículos científicos, así como de las entidades relacionadas con ellos (investigadores, instituciones, áreas científicas, etc.) (Kowalski, et al., 2014). Su objetivo es permitir operar con distintos tipos de entidades sin aumentar la complejidad del esquema. También persigue almacenar información detallada acerca de los artículos analizados con el fin de realizar análisis offline avanzados en combinación con el dominio de los conocimientos sobre temas científicos, mediante SQL estándar y un sistema de gestión de bases de datos (BBDD)

¹ <http://www.iseesystems.com/Softwares/Business/ithinkSoftware.aspx>

relacionales (RDBMS, del inglés “*Relational Database Management System*”). En este ámbito también destaca la aplicación de tecnologías de análisis textual para facilitar la lectura e interpretación rápida de textos de gran tamaño, proporcionando resúmenes a partir de los cuales se puedan realizar análisis específicos (Moscarola et al., 1998).

En el contexto de la gestión de las colaboraciones para actividades de I+D+i destacan fundamentalmente investigaciones destinadas a la selección de candidatos idóneos con los que colaborar en base a objetivos concretos. En primer lugar merece especial atención un trabajo que aplica un enfoque basado en AHP (del inglés “*Analytic Hierarchy Approach*”) difuso (normalmente denominado por su traducción en inglés “*fuzzy*”) para evaluar de manera efectiva a dichos candidatos (Yang et al., 2014). AHP es una técnica estructurada para gestionar decisiones complejas que ayuda a encontrar la solución que mejor se ajusta a las necesidades y a la comprensión de un problema en lugar de prescribir una decisión “correcta”. Este estudio propone un método aproximado de cálculo de productos de números difusos de acuerdo con el principio de extensión de la teoría de conjuntos difusos, según la cual se aplican variables lingüísticas definidas como difusas para realizar comparaciones y gestionar la falta de precisión y completitud en la información disponible durante el proceso de evaluación. Otro ejemplo destacable propone un enfoque sistemático para la exploración de posibles socios para OI utilizando información sobre patentes mediante un enfoque híbrido basado en la aplicación de análisis morfológicos y GTM (del inglés “*Generative Topographic Map*”) para identificar la configuración de las tecnologías y visualizar la información de las patentes recogidas, en base a diversos índices informativos (Yoon & Song, 2014). Este enfoque es útil para descubrir oportunidades tecnológicas, identificar las tecnologías necesarias y explorar posibles socios. Supera las limitaciones de los enfoques existentes que dependen de la visión y las decisiones estratégicas de la alta dirección, las cuales reflejan una relación superficial entre las empresas. Con este mismo objetivo también es destacable la aplicación del método de decisión multicriterio VIKOR (del ruso “*VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje*”), cuya ventaja radica en permitir determinar una solución de compromiso mediante el uso de pesos de utilidad en distintos criterios, abordando el problema desde la perspectiva del conocimiento y considerándolo como un problema de toma de decisiones sobre múltiples atributos (Xiang-yi, 2008). Por último merece la pena citar la aplicación de sistemas de soporte a la decisión que proporcionan una visión multi-perspectiva de los socios potenciales (Hacklin & Marxt, 2004).

Cambiando de objetivo destaca un enfoque totalmente distinto, consistente en un modelo de reconocimiento de elementos de riesgo claves, a través de tres dimensiones: análisis de factores, análisis de relaciones, y análisis de matrices de elementos de riesgo en redes de cooperación tecnológica (Ge, 2014). Por otra parte para la resolución de problemas surgidos en la colaboración en actividades de I+D+i destaca la utilización de la metodología para la resolución evolutiva de problemas denominada G-MoBSA (del inglés “*Group Model Building by Selection and Argumentation*”), la cual integra las perspectivas de los distintos actores en diferentes actividades, tratando explícitamente el conocimiento y las dinámicas sociales en todo el proceso (Adamides & Karacapilidis, 2006). El núcleo de la metodología consiste en el modelado del problema y la solución, para proporcionar vistas consistentes de la cuestión, y un esquema formal de la argumentación, para facilitar el diálogo entre los miembros del equipo.

En relación al proceso de creatividad destacan los mecanismos de “creatividad computacional”, es decir, el sub-campo de la inteligencia artificial (IA) que tiene como objetivos el desarrollo y uso de modelos computacionales de aplicación a los procesos

cerebrales implicados en el pensamiento creativo para estimular la creatividad para la generación de ideas, entre las que destacan: la teoría denominada hipótesis de características oscuras, la cual propone la adopción de AhaNets (redes semánticas donde se modelan las características comunes y oscuras de las entidades); Bisociación (combinación de dos ideas o pensamientos no relacionados en una nueva idea); el modelo computacional PERCEPTION, para comparar conceptos similares en base a sus propiedades y combinar dos conceptos distintos a partir de los cuales estimular la creatividad; y representaciones de entidades y conceptos basadas en grafos, aplicando un algoritmo de *PageRank* personalizado, para inferir similitud semántica, y asociaciones novedosas como parte de un proceso creativo (Smith et al., 2014). En relación a las tecnologías de soporte a la creatividad a partir de la creación de conocimiento en entornos colaborativos, aparte de los casos expuestos al tratar las tecnologías aplicadas a la OI, destacan iniciativas más enfocadas al soporte creativo para la I+D+i, como pueden ser plataformas de creatividad colectiva (grupos de talento creativo) como OpenIDEO², o plataformas de OI que utilizan fuentes externas para generar, desarrollar y poner en práctica ideas, como Quirky³.

En relación con la protección de los resultados de I+D+i destaca un mecanismo de análisis de solicitudes de patentes para identificar posibles infracciones, a través de la aplicación de métodos de vectores jerárquicos de palabras claves (con el objetivo de representar dependencias entre dichas solicitudes), y un algoritmo de matching en árbol para la comparación de los elementos incluidos en ellas (Lee et al., 2013).

Dentro de los procesos operativos de la I+D+i, aparte de lo que se refiere a la gestión de ideas, que se trata detalladamente en el punto siguiente, se han realizado importantes esfuerzos de investigación en el soporte a la gestión de la cartera de proyectos, la ejecución de los mismos y la explotación de los resultados obtenidos. En primer lugar destaca una aproximación para mejorar la comprensión, formulación y resolución algorítmica de la planificación de la cartera de proyectos, denominada AOI (del inglés “*Analytical Open Innovation*”), en la cual se combinan técnicas de crowdsourcing, análisis morfológico, minería de datos y optimización, para ampliar y mejorar el dominio de entrada de datos utilizados, e incluir todos los tipos de dependencias y sinergias coste-valor entre servicios, proporcionando como salida un conjunto de alternativas diversificada de configuración de la cartera (Nayebi & Ruhe, 2014). Las principales carencias de esta aproximación se pueden resumir en la necesidad de un método más sistemático y con la capacidad de proporcionar resultados en tiempo casi real. También en relación con el soporte a la toma de decisiones en la selección de la cartera de proyectos, tratando de maximizar los resultados y reducir al mínimo los costos y riesgos implicados, son comunes las aproximaciones de tipo *fuzzy*. Por ejemplo, son relevantes: la programación multiobjetivo difusa (del inglés “*fuzzy multi-objective programming*”) a través de algoritmos genéticos de objetivos múltiples (MOGA, del inglés “*Multi Objective Genetic Algorithm*”) (Bhattacharyya et al., 2011); la teoría de conjuntos difusos en combinación con un método de toma de decisiones en grupo en base a criterios múltiples, el cual tiene en cuenta el rendimiento, la ejecución y los riesgos del proyecto, y formula la toma de decisiones como un problema de programación lineal difusa, recopilando información relevante del mismo (Wei & Chang, 2011); y un modelo difuso de optimización, aplicando el análisis de las opciones reales, corrigiendo las deficiencias en cuanto a flexibilidad de la tradicional valoración del flujo de caja descontado (Karsak, 2006). Entre otros tipos de métodos destacan la aplicación del proceso analítico en red o ANP (del

² <http://www.openideo.com>

³ www.quirky.com

inglés “*Analytic Network Process*”) como forma general de AHP para descomponer problemas grandes de toma de decisiones no estructurados en componentes manejables y medibles, lo cual facilita el hacer frente a decisiones complejas cuando existen interdependencias en un modelo de decisión (Meade & Presley, 2002). Así mismo merece la pena mostrar la aplicación de la metodología STAR® (del inglés “*Strategic Technology Alignment Roadmapping*”), alineando las inversiones en I+D+i con las necesidades de negocio, a través de un proceso analítico jerárquico en el que se tienen en cuenta factores económicos (inversión y beneficios financieros), la alineación tecnológica (requisitos de los productos, competitividad, VT), factores no financieros, y oportunidades y riesgos (Gindy, 2008).

Por otro lado como soporte a la hora de presupuestar, programar y controlar proyectos de I+D+i destaca la utilización de técnicas de estimación paramétrica, con el objetivo de mejorar la capacidad de las organizaciones, facilitando utilizar eficaz y eficientemente los recursos disponibles, determinando las necesidades potenciales de recursos durante la pre-planificación y la fase conceptual del proyecto (Kwak & Watson, 2004). Por último en el ámbito del soporte al proceso de explotación de innovaciones destaca fundamentalmente un modelo basado en agentes, consistente en la modificación de una variante bidimensional de un modelo no lineal de votación de dos estados, que se aplica en la comprensión de cómo las ideas y productos se expanden en la sociedad a lo largo del tiempo, para descubrir por qué la difusión de las innovaciones lleva a veces mucho tiempo, además de por qué falla tan a menudo (Przybyla et al., 2014).

Como se vio en los apartados 1.2.2.5 y 1.2.2.6 es necesario diferenciar la evaluación de los resultados de la de los procesos de I+D+i. En el primer aspecto destaca un método de medición explícita y objetiva de resultados de I+D+i, el cual pretende mejorar la efectividad de esta actividad, mediante el uso de la versión extendida de AHP, a través de la cual se construye un marco jerárquico (priorización y ranking) para los criterios de desempeño de la I+D+i, proporcionando, a su vez, pautas para seleccionar las mejores estrategias para la mejora del rendimiento de la I+D+i en las organizaciones (Kim, 2014). En el segundo aspecto destaca la herramienta denominada *InnoTool* (compuesta por un lenguaje de modelado gráfico, y un plug-in de Eclipse), basada en el modelo *Innovation Capability Framework*, que permite el almacenamiento del conocimiento relativo a los procesos y productos de I+D+i de una organización, y la evaluación de estos, además de la de sus capacidades de I+D+i, guiando de esta forma sus actividades de I+D+i (Rodríguez et al., 2014).

Por último se ha analizado un campo especial de trabajos de investigación, centrados en la aplicación de tecnologías para el soporte a organizaciones financiadoras de actividades de I+D+i, principalmente para evitar que se financien proyectos similares, pero que podrían ser de aplicación en otros procesos de la I+D+i, como la gestión de ideas. En este ámbito destaca un framework basado en la aplicación de algoritmos de minería sobre Big Data que proporciona un mecanismo para la toma de decisiones basada en evidencias durante el proceso de aprobación de proyectos (Li et al., 2014a), y otra aproximación también basada en Big Data (a través de la consolidación, armonización y PLN de la información) que, aparte de para dar soporte en la identificación de proyectos similares, trata de encontrar los mejores revisores, y gestionar potenciales conflictos de intereses (Herzog, 2014). Por último, con el objetivo de prestar soporte al establecimiento de políticas de apoyo en áreas prometedoras de I+D+i y a la elaboración de planes de investigación a largo plazo, a través de la exploración de los principales temas de investigación, del seguimiento de tendencias, y del

descubrimiento de relaciones entre regiones de I+D+i, y entre grupos de categorías de investigación, cabe destacar la aplicación de mapas de conocimiento de distintos tipos (de tendencias, de relaciones, y de clusters de I+D+i), sobre los que se aplican técnicas de minería de textos para la extracción de implicaciones significativas, la extracción de información, y la visualización de relaciones entre categorías (Yoon et al., 2010).

Tecnologías aplicadas a gestión de ideas

En relación al soporte tecnológico al proceso principal de la gestión de la I+D+i, merece la pena destacar, en primer lugar, un reciente análisis de las principales aproximaciones en el ámbito de la investigación, el cual destaca los sistemas clásicos de toma de decisiones que varían en términos de tamaño e información, mejorados a través de técnicas de facilitación como NGT (del inglés “*Nominal Group Technique*”) y mecanismos de agregación de información, como Delphi. Profundizando en este aspecto destaca, por un lado, el incremento de la popularidad de la agregación de información en ideas por parte grandes grupos de personas utilizando mecanismos de crowdsourcing, como es el caso de los “mercados de ideas”, y por otro lado, el crowdfunding, como la aproximación más reciente de colaboración masiva para la evaluación de ideas (Feldmann et al., 2014).

En cuanto a trabajos concretos, en primer lugar merece la pena mencionar dos aproximaciones clásicas de la aplicación de tecnologías a la gestión de ideas. La primera de ellas es la plataforma Web *TeamSpirit* que utiliza la metodología TRIZ aplicada a la generación y evaluación de ideas. La metodología consiste en identificar el problema, formularlo, buscar problemas previamente bien solucionados, y buscar soluciones análogas y aplicarlas al problema en cuestión. La plataforma consta de las siguientes funcionalidades (Liou & Chen, 2011): (i) creación de grupos para resolución de problemas; (ii) herramientas para generación de ideas, basadas en el pensamiento divergente para la resolución creativa de problemas, como son herramientas de brainstorming, de compartición de información y foros de discusión; (iii) herramientas para la consolidación de ideas, en las que se agrupan ideas generadas que contengan las mismas palabras clave, detectando cuestiones en las que no se ha encontrado un consenso en base a la desviación encontrada en estas palabras clave, con el objetivo de contribuir al pensamiento convergente; y (iv) herramientas de evaluación de ideas, como puntuaciones, rankings y valoraciones genéricas y multicriterio. La segunda está centrada en OI y consiste en un proceso de I+D+i con un enfoque integral y flexible para dar soporte a proyectos de I+D+i en los que participan múltiples partes interesadas, a través de las siguientes herramientas específicas (Stathel et al., 2008): (i) buscador Web para ayudar a la recopilación de información relevante (en comunicados de prensa, anuncios, blogs, contenido científico, etc.); (ii) depósito de datos central para almacenar, anotar, y recuperar ideas, permitiendo el intercambio de datos de forma flexible; (iii) mecanismo basado en información de mercado para evaluar y clasificar ideas innovadoras; y (iv) mecanismo para el control de la información del feedback del uso de servicios innovadores.

Las aproximaciones más innovadoras se centran en el proceso de evaluación de ideas, y entre ellas destaca, por un lado, la aplicación del concepto de juego serio (del inglés “*Serious Game*”) para valoración de ideas en empresas, a través de la cual se ha demostrado un alto nivel de compromiso entre los participantes, además de percibirse disfrute y confianza con los resultados de los juegos (Feldmann et al., 2014). Por otro lado el prototipo denominado OPAL (del inglés “*OPinion AnaLyser*”), para el análisis “sentimental” de comentarios de los usuarios al discutir sobre el valor de una idea, sumando las valoraciones (empleando la librería *SentiWordNet*) de las palabras incluidas en el texto del comentario, y anotando automáticamente las ideas (Westerski & Iglesias, 2012). Es necesario resaltar que el aspecto

de la evaluación de ideas ha recibido escasa atención por parte de la comunidad científica, centrándose los escasos estudios realizados en distintos aspectos como (Feldmann et al., 2014): distintos criterios de evaluación y escalas de valoración para mejorar la evaluación de las ideas; exploración del fenómeno desde la perspectiva del procesamiento de la información y la formación de equipos en términos de roles de la organización, experiencia y puntos de vista de los miembros del equipo; o la posibilidad de involucrar a los clientes en la evaluación de ideas.

SopORTE tecnológico a la gestión de varios procesos de I+D+i integrados

El caso más destacable de soporte tecnológico a la gestión de la I+D+i desde un punto de vista global es la plataforma *Innovation Management Platform for Aeronautics*, resultado de un proyecto del FP7 (Séptimo Programa Marco, del inglés “*Seventh Framework Programme*”) de la Comisión Europea (CE), el cual finalizó en 2013, y cuyo consorcio está formado por expertos en I+D+i y en aviación de Altran (coordinador), Altran NEO, ABB, Carl Zeiss, y EADS. El objetivo del proyecto es el desarrollo de una plataforma software de gestión de la I+D+i basada en procesos estructurados y precisos con el fin de generar, evaluar, definir y programar proyectos de I+D+i que conduzcan a cambios en la industria aeronáutica europea y, de esta forma poder generar, evaluar, seguir e implementar dichos cambios, incrementando la competitividad de esta industria. La plataforma proporciona integración de procesos de negocio, aumentando la eficiencia de I+D+i (con un enfoque orientado a objetivos, sistemático y basado en modelos), fomentando la colaboración continua. Se basa en tecnologías Web y de flujo de trabajos bajo la plataforma *Microsoft.NET*, y la información está almacenada en una BD *SQL Server* (Comisión Europea, 2014).

Este proyecto está más cerca de una gestión de la I+D+i integral que los productos comerciales analizados en este mismo apartado, ya que pretende involucrar distintos procesos y los flujos de información entre ellos. Sin embargo está claramente centrado en la industria aeronáutica, y, además, para los distintos procesos no se contempla la incorporación de mecanismos para la asistencia inteligente basada en el conocimiento almacenado.

Tendencias actuales y futuras

La tendencia tecnológica más reciente es el almacenamiento, compartición y reúso de Big data-sets generados en distintas fases del proceso de investigación, debido a que el número y heterogeneidad de repositorios de información para la investigación crece continuamente. El principal reto detectado en este campo es solucionar los problemas en la calidad de los datos almacenados en dichos repositorios (Rousidis et al., 2014). También destacan como soporte al descubrimiento de posibilidades de I+D+i para nuevos servicios, las posibilidades del uso de *Big Data Analytics*, disciplina actualmente ignorada, mientras que se ha utilizado profusamente en el análisis de la información de clientes y mercados. Este campo, denominado *innovation harvesting*, propone el uso de información procedente de sensores, comportamientos y grandes fuentes Open Data (OD) (Ghose et al., 2013).

Por otra parte se han identificado la computación en la nube y la Web Semántica como las tecnologías más importantes en el futuro de cara a su utilización masiva en el soporte tecnológico a las actividades de I+D+i (Hüsig & Kohn, 2011). La computación en la nube proporciona dos ventajas relevantes para la evolución del CAI: los usuarios pueden acceder fácilmente a los servicios sin necesidad de ningún tipo de instalación (modelo SaaS, del inglés “*Software as a Service*”), y una fácil escalabilidad del servicio.

Como se explica en el apartado 1.3, la Web Semántica proporciona posibilidades para crear meta-información, hasta cierto punto, automáticamente. Además los usuarios pueden crear explícitamente información adicional en forma de, por ejemplo, etiquetas. De acuerdo con el estudio realizado por Hüsigg y Kohn (2011) esta meta-información supone una herramienta muy importante para usar y procesar las enormes cantidades de información generadas en la Web 2.0. En el contexto de la CAI la meta información puede, por ejemplo, ayudar a agrupar las ideas en categorías (lo cual puede ser útil en la búsqueda y evaluación de ideas), además de extraer las ideas sobre las que más se ha discutido, o las mejor valoradas por los usuarios. Estas posibilidades son especialmente relevantes para los objetivos de la presente investigación, por lo que se tratan en detalle en el apartado 1.4.3.

Como puede verse, las tecnologías empleadas en el soporte a la gestión de la I+D+i, no cubren los objetivos planteados en esta tesis doctoral, ya que usualmente se corresponden con procesos aislados, no aprovechando el conocimiento generado en los distintos procesos de la I+D+i relacionados con ellos. Además los casos estudiados evidencian que las soluciones desarrolladas no proporcionan un soporte inteligente a la toma de decisiones, limitándose a la automatización/informatización de algunas tareas. Es por ello que a partir de la información analizada se propone el análisis en profundidad del uso de tecnologías de la Web Semántica como base tecnológica para solucionar las deficiencias encontradas. Para ello en el apartado siguiente se analiza el estado del arte de estas tecnologías, y en el apartado 1.4 se incluye una explicación pormenorizada, tanto de la idoneidad de su utilización en el soporte inteligente a la gestión de la I+D+i, como de los intentos realizados hasta el momento actual para proporcionar dicho soporte a través de la aplicación de tecnologías de la Web Semántica.

1.3 Estado del arte de tecnologías de la Web Semántica

En este apartado se proporciona un estado del arte de las tecnologías de la Web Semántica, incluyendo una introducción a la misma y a los conceptos de *Ontología*, *Open Data* y *Linked Open Data*. Posteriormente se analizan los lenguajes de la Web Semántica existentes. A continuación se introduce el concepto de razonamiento y lógica descriptiva, evaluando los razonadores más utilizados en la Web Semántica en la actualidad y describiendo las principales interfaces de programación y lenguajes de consulta en ontologías. Posteriormente se introducen los conceptos de PLN y *Ontology Learning* en relación a su aplicación en la construcción de ontologías, analizando las metodologías existentes para dicha construcción. Por último se describen los principales mecanismos para proporcionar información semántica a recursos Web, es decir, para facilitar la anotación semántica.

1.3.1 Web Semántica

La W3C⁴ define la Web Semántica como una “*Web extendida, dotada de significado*”. Al dotar a la Web de significado, se pueden obtener soluciones a problemas habituales en la búsqueda de información gracias a la utilización de una infraestructura común mediante la que es posible compartir, procesar y transferir información de forma sencilla. La Web Semántica resuelve los problemas ocasionados por una Web carente de significado en la que, en ocasiones, el acceso a la información se convierte en una tarea difícil y frustrante. Las actividades del movimiento de la Web Semántica están coordinadas por el World Wide Web

⁴ <http://www.w3c.es/Divulgacion/GuiasBreves/WebSemantica>

Consortium (W3C⁵), e incluyen la especificación de las nuevas tecnologías y la exposición de las mejores prácticas (Borkum & Frey, 2014).

Por lo tanto la Web Semántica no es una Web independiente sino que, como explica Tim Berners-Lee, es una extensión de la actual a la que se proporciona un significado bien definido, permitiendo que los ordenadores y las personas puedan trabajar mejor de forma cooperativa (Berners-Lee et al., 2001). También indica que la Web Semántica proporcionará estructura al significado de los contenidos de las páginas Web, creando un entorno donde los agentes software, yendo de una página a otra, puedan llevar a cabo fácilmente tareas que son complejas para los usuarios. En resumen, se trata de un movimiento colaborativo que aboga por la inclusión de datos computacionalmente procesables en documentos Web, con el objetivo de convertir el contenido de la información de estos documentos no estructurados y semi-estructurados en una “Web de los datos” para su explotación por parte de seres humanos y ordenadores (Borkum & Frey, 2014).

Se trata de un campo cada vez más maduro, ya que las tecnologías semánticas están adquiriendo una adopción significativa y creciente en múltiples actividades comerciales, sector público, y campos científicos (Valencia-García et al., 2014). Grandes empresas, como Google, Yahoo, Microsoft y Facebook, han creado sus propios “grafos de conocimiento” que mejoran las búsquedas semánticas y permiten un procesamiento y entrega de datos más inteligente (Mika et al., 2014). Por otro lado líderes comerciales como IBM, Siemens, BestBuy, y Walmart están empezando a apreciar el valor de las tecnologías semánticas. En cualquier caso, como se identifica en la edición de 2014 de la *International Semantic Web Conference*, el desafío principal actualmente consiste en aplicar técnicas de la Web Semántica en la construcción de aplicaciones online para usuarios finales que se integren, se combinen, y deduzcan la información necesaria para darles soporte en la realización de distintas tareas.

La W3C especifica que la Web Semántica se apoya en lenguajes universales para resolver los problemas ocasionados en el acceso a la información por una Web carente de significado. Estos lenguajes se basan generalmente en el uso de ontologías para representar el significado en los artefactos Web. Una definición clásica del concepto ontología es la que proporciona Gruber (1995) como “una especificación explícita de una conceptualización”. De acuerdo con Gruber el término está tomado de la filosofía, donde una ontología es una explicación sistemática de la “existencia”. Para sistemas de IA lo que “existe” es lo que se puede representar. Cuando se representa el conocimiento de un dominio mediante un formalismo declarativo, el conjunto de objetos que se pueden representar se llama el universo del discurso. Este conjunto de objetos, y las relaciones entre ellos, se reflejan en el vocabulario con el que un programa representa el conocimiento. Así, en el contexto de la IA podemos describir la ontología de un programa mediante la definición de un conjunto de términos de representación. En tal ontología las definiciones asocian los nombres de entidades en el universo del discurso (por ejemplo, las clases, las relaciones, funciones, u otros objetos) con texto legible que describe el significado de los nombres, y axiomas formales que restringen la interpretación y el uso de estos términos. Por lo tanto, formalmente, una ontología es la declaración de una teoría lógica.

Las ontologías cada vez se utilizan más para representar, gestionar y realizar razonamientos sobre datos en sistemas TIC, siendo OWL (apartado 1.3.1.1) el estándar de facto entre los

⁵ <http://www.w3c.es/>

lenguajes de ontologías (Bermúdez-Edo et al., 2013). De acuerdo con Dieter Fensel (2001), las ontologías son un tema de investigación popular en varias comunidades como la ingeniería del conocimiento, el PLN, los sistemas cooperativos, la integración inteligente de información y la gestión del conocimiento. Proporcionan una comprensión compartida y común de un dominio que puede comunicarse entre personas y entre sistemas heterogéneos y distribuidos. Han sido desarrolladas en el campo de la IA para facilitar el intercambio y reutilización de conocimientos. En este ámbito las ontologías describen el conocimiento del dominio estático de un sistema basado en el conocimiento, y los métodos de resolución de problemas describen el comportamiento de los razonamientos a aplicar sobre dicho conocimiento.

En los últimos años las tecnologías de la Web Semántica han provocado cambios significativos en la forma de publicar, compartir y consumir información estructurada en la Web (Guéret et al., 2015). Las nuevas aplicaciones online basadas en la “Web de los objetos” o *Linked Open Data* (LOD) pueden utilizar la Web como una plataforma para intercambiar datos y realizar razonamientos sobre datos semánticos de distintos temas. Con este salto, conocido a menudo como la “Web 3.0”, se prevé un mayor soporte computacional, haciendo que los ordenadores sean capaces de comprender y razonar sobre el mundo, permitiendo un soporte más oportuno, adecuado y eficiente a los descubrimientos científicos. Por lo tanto la Web 3.0 está estrechamente ligada al concepto de LOD, el cual implica una aproximación pragmática para hacer realidad la visión de hacer de la Web un sistema de información global, distribuido y basado en la semántica, a través de la apertura de las fuentes de datos y el establecimiento de relaciones entre los mismos para expresar conexiones semánticas (Auer, 2014). LOD es la combinación de *Linked Data* (LD, forma de estructurar los datos y establecer relaciones entre ellos) y OD (de forma similar al código abierto, abre el contenido para que esté disponible para los ciudadanos, desarrolladores, etc.) (Mezaour et al., 2014). La Tabla 3 ilustra la yuxtaposición entre los conceptos LD, LOD y OD.

Representación \ grado de apertura	Posiblemente cerrado	Abierto
Datos estructurados (XML, CSV, SQL etc.)	Data	Open Data
RDF (publicado como Linked Data)	Linked Data (LD)	Linked Open Data (LOD)

Tabla 3. Yuxtaposición de conceptos Linked Data, Linked Open Data y Open Data (Auer, 2014)

Muchos usuarios de LD han decidido establecer vínculos RDF (apartado 1.3.1.1) desde sus datos a DBpedia, la cual cubre una amplia variedad de temas y establece enlaces RDF apuntando a varias fuentes de datos externas. Debido a ello DBpedia se ha convertido en un eje central y un factor clave para el éxito de la iniciativa LOD (Kontokostas et al., 2014).

Se espera, por lo tanto, que el ecosistema OD traiga consigo múltiples ventajas, como la estimulación de la participación ciudadana y la innovación (Zuidervijk et al., 2014a), tanto en el sector privado como en el público (Zuidervijk et al., 2014b), proporcionando soluciones innovadoras que generen valor económico y social (Jetzek et al., 2014).

1.3.1.1 Lenguajes de Web Semántica y su expresividad

A continuación se describen los principales lenguajes de representación del conocimiento en la Web Semántica. A modo de introducción, la Figura 2 representa la estructura de capas de tecnologías y estándares mediante los que se implementa la Web Semántica. En dicha estructura, por encima del nivel de protocolo, se sitúan los lenguajes analizados en el presente apartado.

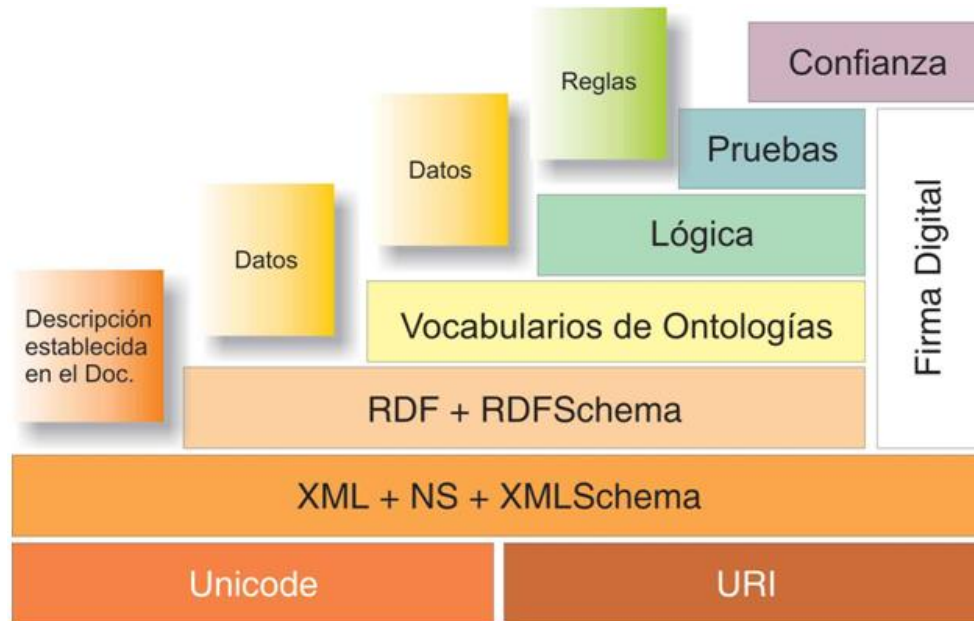


Figura 2. Estructura lógica de capas de la Web Semántica⁶

En el nivel más bajo sobre la capa de protocolo se sitúa el lenguaje XML⁷, el cual proporciona una sintaxis de uso sencillo para codificar todo tipo de datos que se intercambian entre ordenadores mediante el uso de XML schemas⁸, los cuales definen la estructura de estos datos. Sin embargo XML no proporciona ninguna interpretación de los datos de antemano, por lo que no es suficiente por sí mismo como lenguaje para la Web Semántica. Para ofrecer una interpretación a nivel de máquina, es necesario un modelo estándar para describir hechos sobre los recursos Web (Antoniou & Van Harmelen, 2004). A continuación se presentan los lenguajes existentes en orden creciente respecto a la expresividad que proporcionan.

RDF y RDF Schema

El primer elemento del siguiente nivel es RDF⁹ (del inglés “*Resource Description Framework*”), el cual se trata de un modelo estándar para el intercambio de datos en la Web que amplía la estructura de enlaces de la misma, utilizando para identificar relaciones entre objetos una URI y los dos componentes de la relación, formando tripletas. Estas tripletas presentan una estructura Objetivo-Atributo-Valor (O-A-V), es decir, un recurso Web (objeto), una de sus propiedades (atributo), y el valor de la misma. Cuando el valor es otro recurso en lugar de un literal se estaría representando una relación. De esta forma, este modelo simple permite la compartición entre aplicaciones de datos estructurados y semi-estructurados. Además de a través de tripletas, las descripciones RDF se pueden representar mediante grafos dirigidos, también denominados redes semánticas.

RDF Schema¹⁰ (RDFS) proporciona un vocabulario de modelado de datos para recursos RDF, permitiendo de esta forma describir hechos (declaraciones verdaderas) sobre los recursos Web. Sin embargo es demasiado simple comparado con lenguajes de representación de conocimiento más desarrollados. Por ejemplo, RDFS no permite ni establecer

⁶ http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol13_6_05/f0803605.jpg

⁷ <http://www.w3.org/XML/>

⁸ <http://www.w3.org/XML/Schema>

⁹ <http://www.w3.org/RDF/>

¹⁰ <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>

equivalencias entre clases, ni especificar restricciones de cardinalidad. La especificación de semánticas formales de los recursos Web requiere de primitivas más ricas y más expresivas que las proporcionadas por RDFS.

OWL

OWL¹¹ (del inglés “*Web Ontology Language*”) es el lenguaje recomendado por la W3C para la Web Semántica (Horrocks, 2005). Ha sido diseñado para representar conocimiento rico y complejo de recursos accesibles vía Web, grupos de recursos, y relaciones entre ellos. Actualmente OWL tiene tres sublenguajes (OWL Lite, OWL DL, OWL Full), los cuales presentan una capacidad expresiva creciente (tanto en relación a lo que permiten expresar como a las inferencias que permiten realizar), al ser cada uno una extensión de su predecesor.

OWL Lite

OWL lite utiliza sólo algunas de las características del lenguaje OWL y presenta más limitaciones que OWL DL o OWL Full. Por ejemplo, proporciona únicamente funcionalidades de clasificación basada en jerarquías y solamente permite usar algunos tipos de restricciones simples. Debido a estas capacidades expresivas restringidas, los razonadores para OWL Lite son los más simples y son los que menores capacidades de inferencia proporcionan. Esta simplicidad, a su vez, conlleva que los razonadores de OWL Lite sean los más eficientes computacionalmente, mientras garantizan el procesamiento de cualquier relación expresada en dicho lenguaje.

OWL DL

OWL DL proporciona mayores capacidades expresivas que OWL Lite, pero la tratabilidad y decidibilidad, es decir, que todas las conclusiones puedan ser procesadas y todas las inferencias terminen en tiempo finito, sólo se garantiza bajo ciertas restricciones.

El acrónimo DL procede del concepto *Lógica Descriptiva* (del inglés “*Description Logic*”), una familia de lenguajes que pueden representar conocimiento de un dominio de aplicación de una forma estructurada y formalmente bien comprendida, representando un subconjunto de la *Lógica de Primer Orden* o FOL (del inglés “*First Order Logic*”), ya que además permiten realizar inferencias (Fokoue et al., 2006). Una ontología DL puede dividirse conceptualmente en tres componentes: Tbox (contiene aserciones sobre conceptos como subsunción y equivalencia), Rbox (contiene aserciones acerca de roles y las jerarquías de roles) y ABox (contiene aserciones sobre roles entre individuos y afirmaciones sobre pertenencia).

OWL Full

OWL Full proporciona la máxima expresividad posible, además de la libertad sintáctica propia de RDF. Sin embargo esta expresividad y libertad implica no contar con las garantías computacionales de OWL Lite y OWL Full.

Por ejemplo, permite aumentar el significado de un vocabulario predefinido en una ontología, y tratar una clase simultáneamente como una colección de instancias y como instancia de otra clase. Sin embargo, por desgracia no existe en la actualidad un razonador que proporcione razonamiento completo para todas las capacidades proporcionadas por OWL Full. Debido a esto OWL DL es el sublenguaje más ampliamente utilizado.

¹¹ <http://www.w3.org/TR/owl-features/>

1.3.1.2 Lógica y Razonamiento

La representación del conocimiento o KR (del inglés “*Knowledge Representation*”) es la aplicación de la lógica y las ontologías para poder construir modelos computables sobre algún dominio (Sowa, 2000). Se trata, por lo tanto, de una materia multidisciplinar que aplica teorías y técnicas de tres campos: (i) la “lógica”, que proporciona la estructura y reglas de inferencia formal a la representación del conocimiento; (ii) las “ontologías”, que definen el tipo de cosas que existen en el dominio de aplicación, haciendo que esta representación no sea confusa; y (iii) la “computación”, que proporciona soporte para que pueda ser implementada por programas de ordenador.

La lógica (o estudio del razonamiento correcto) es fundamental para que la representación del conocimiento no sea vaga (Saphiro, 1995). Se trata de una ciencia abstracta que tiene por objeto el análisis formal de los argumentos, es decir, una teoría formal de la deducción (Garrido, 1991). En primer lugar, dentro de su influencia en la KR, destaca la lógica predicativa o lógica de primer orden (FOL), que permite conceptualizar dominios en y por debajo del nivel de las proposiciones, hasta el nivel de las personas, las propiedades y las relaciones (Saphiro, 1995). Proporciona un sistema completo de pruebas con consecuencias, formulándose como un conjunto de axiomas y reglas que se pueden usar para derivar un conjunto completo de hechos. Por ello se puede utilizar la FOL para derivar automáticamente declaraciones sintácticamente correctas en base a premisas, ya que dado un conjunto de premisas, estos sistemas pueden analizar las consecuencias lógicas que surgen del sistema.

Por otro lado la lógica descriptiva o DL (del inglés “*Description Logics*”) es una familia de lenguajes de representación del conocimiento basados en la lógica que puede ser usada para representar el conocimiento terminológico de un dominio de aplicación de una manera estructurada (Baader et al., 2008). Difiere de sus predecesores como, por ejemplo, las redes semánticas, en que proporcionan una semántica formal basada en la lógica. Con lógica descriptiva es posible describir el conocimiento de un dominio en términos de conceptos (clases), roles (propiedades o relaciones) e individuos (instancias). Además, respecto a FOL proporciona decidibilidad y servicios de inferencia.

La lógica descriptiva permite especificar una jerarquía terminológica usando un conjunto restringido de formulas de la lógica de primer orden. Generalmente tienen buenas propiedades computacionales (decidible y tratable), pero los servicios de inferencia están restringidos. Entre las deducciones que se pueden hacer con DL destacan los casos de inclusión entre clases (todas las instancias de la primera clase son necesariamente instancias de la segunda), y de inferencias sobre individuos (en particular qué individuos deben ser instancias de una clase concreta por relaciones de inclusión entre clases o por relaciones entre los individuos).

Tanto RDF como OWL (DL y Lite) tienen capacidades para expresar DL. De hecho pueden verse como una DL expresiva donde una ontología equivale a la base de conocimiento en DL (Horrocks, 2005).

Por último para los KR son relevantes los sistemas basados en reglas o RBS (del inglés “*Rule-Based Systems*”) y los sistemas basados en *frames* o FBS (del inglés “*Frame-Based Systems*”). Los RBS se pueden definir como sistemas de conocimiento modulares, donde el conocimiento a representar es un conocimiento práctico para la resolución de problemas. Este conocimiento incluye (Hayes-Roth, 1985): (i) inferencias específicas que se derivan de observaciones específicas; (ii) abstracciones, generalizaciones y categorizaciones de datos;

(iii) condiciones necesarias y suficientes para la consecución de algún objetivo; (iv) lugares más probables para buscar la información pertinente; (v) estrategias preferidas para eliminar incertidumbre o minimizar otros riesgos; (vi) probables consecuencias de situaciones hipotéticas; y (vii) probables causas de los síntomas.

Para ello se emplean reglas, que son estructuras que establecen relaciones entre premisas (parte “si” de una regla) y conclusiones (parte “entonces” de una regla) cuando las premisas son verdaderas. Las premisas se representan típicamente como hechos, por ejemplo usando tripletas. Las conclusiones pueden ser de distintos tipos, como por ejemplo provocar la ejecución de una acción o la declaración de un nuevo hecho. Así mismo las reglas pueden provocar transiciones entre estados, describiendo la lógica de la transición desde una situación concreta inicial (conjunto de premisas) en el entorno de la aplicación a otra, si estas premisas son válidas.

Los FBS, por su parte, son sistemas de KR que utilizan marcos (en inglés “*frames*”) como principal medio para representar el conocimiento del dominio (Nebel, 1999). Un marco es una estructura que representa un concepto o situación como la “sala de estar” o “estar en una sala”. Un marco también incluye información relacionada con su definición y la forma de usarlo. A partir de los marcos se han desarrollado importantes formalismos de representación basados en DL que capturan la parte declarativa de los marcos utilizando una semántica basada en la lógica. La mayor parte de estas lógicas son fragmentos decidibles de la FOL y están muy estrechamente relacionados con otros formalismos como lógicas modales y lógicas de características.

En esta tesis doctoral la lógica y el razonamiento utilizado se basa principalmente en DL, utilizando razonadores para proporcionar soporte inteligente a las actividades de I+D+i mediante el descubrimiento de relaciones no obvias entre los distintos conceptos que influyen en cada proceso. Más concretamente la ontología de I+D+i desarrollada en esta tesis doctoral y explicada en el apartado 3.3 se implementó usando DL.

Un razonador es un programa que infiere consecuencias lógicas de un conjunto de hechos explícitos o axiomas y, normalmente, proporciona soporte automatizado para tareas de razonamiento como la clasificación, depuración y consulta. Los razonadores se pueden caracterizar en función de varias dimensiones (Dentler et al., 2011). La primera comprende las características de razonamiento subyacentes: método de razonamiento empleado y su corrección, expresividad y complejidad computacional de los lenguajes que soporta, si soporta clasificación incremental, reglas, o justificaciones, etc. La segunda se basa en la posibilidad de su uso práctico, esto es, si implementa la interfaz de programación o API (del inglés “*Application Programming Interface*”) de OWL, en qué plataformas se ejecuta, si sus fuentes son abiertas, tipo de licencia, etc. La tercera incluye los indicadores de resultados que se pueden evaluar empíricamente: clasificación, satisfacibilidad, rendimiento en comprobaciones de coherencia, espacio de almacenamiento dinámico requerido, etc.

1.3.1.3 Razonadores para la Web Semántica

En este apartado se presenta una descripción de los principales razonadores en el contexto de la Web Semántica. Esta evaluación se realiza en orden creciente en relación a las capacidades expresivas que proporcionan, de menor (expresividad de RDFS) a mayor (expresividad de OWL Full).

Razonadores RDFS

Este tipo de razonadores proporcionan capacidades de inferencia muy limitadas, propias de las características de RDFS. A pesar de que son compatibles con la sintaxis de ontologías expresadas en OWL, no pueden procesar conocimiento que exceda la expresividad y la capacidad de inferencia de RDFS.

Jena

Jena¹² es uno de los frameworks Java más extendidos para crear aplicaciones de Web Semántica (Dentler et al., 2011). Entre sus principales características destacan las siguientes (Ameen et al., 2014): proporciona interfaces y clases para la creación y manipulación de repositorios RDF, permite crear y manipular grafos RDF, proporciona clases e interfaces para la gestión de ontologías basadas OWL, y contiene librerías que permiten interactuar y razonar con datos semánticos.

Por otra parte el mecanismo de razonamiento de Jena (Jena, 20013) está basado en reglas y proporciona soporte a RDFS (mediante el *RDFS rule reasoner*) y a un conjunto útil pero incompleto de OWL (mediante el *OWL Reasoners*), permitiendo inferir hechos adicionales a partir de datos de instancias y descripciones de clase. Sin embargo está diseñado para ser bastante general e incluye un motor de reglas genérico (*Generic rule reasoner*) que puede ser utilizado para diversas tareas de procesamiento y transformación sobre RDF. Además Jena permite trabajar con ontologías almacenadas en distintas fuentes de datos (BBDD, ficheros, etc.), y permite la integración de otros razonadores que proporcionen características adicionales, como por ejemplo Pellet, el cual se explica más adelante, al tratar los razonadores para DL.

CWM

CWM¹³ (del inglés “*Closed World Machine*”) es un procesador de datos de propósito general para la Web Semántica. Es un razonador del tipo *forward chaining* que puede ser usado para consultas, comprobaciones, transformaciones y filtrado de información. Soporta RDF como lenguaje *core* y RDF ampliado para incluir reglas.

CWM incluye un razonador basado en reglas (Verborgh, 2014) para la notación N3¹⁴, el cual es un subconjunto de Turtle¹⁵ que proporciona soporte a fórmulas, variables y cuantificación, permitiendo la creación de reglas para inferir conocimiento.

Razonadores OWL Lite

Los razonadores basados en OWL Lite tienen capacidad para realizar razonamientos sobre estructuras más expresivas que los basados en RDFS, aunque limitándose a las propias de OWL Lite.

OWLLisaKB

Se trata de un razonador basado en reglas para OWL Lite escrito en Common Lisp. Para ello se apoya a su vez en el motor de inferencia Lisa¹⁶ y en un toolkit para Web Semántica denominado Wilbur¹⁷.

¹² <https://jena.apache.org/>

¹³ <http://www.w3.org/2000/10/swap/doc/cwm.html>

¹⁴ <http://www.w3.org/2000/10/swap/Primer>

¹⁵ <http://www.w3.org/TR/turtle/>

¹⁶ <http://lisa.sourceforge.net/>

OWLLisaKB proporciona soporte para realizar inferencias en ontologías OWL Lite. A su vez proporciona herramientas para la comprobación de inconsistencias en dichas ontologías (por ejemplo, restricciones de cardinalidad superior a 1). Sin embargo no dispone de herramientas de comprobación sintáctica, por lo que a la hora de utilizar dicho razonador es necesario utilizar también alguna otra herramienta que posibilite llevar a cabo este tipo de comprobaciones.

Razonadores OWL DL

Los razonadores basados en OWL DL proporcionan capacidades de inferencia propias de las características expresivas de OWL DL, como capacidades de tratabilidad y decidibilidad, las cuales hacen viable la implementación de aplicaciones a partir de ellos. Por esta razón los razonadores de este tipo son los más populares.

FaCT++

FaCT++¹⁸ es un razonador basado en OWL DL escrito en C++. Se trata de una evolución del conocido razonador FaCT¹⁹ (del inglés “*Fast Classification of Terminologies*”), del cual se modificó su estructura para mejorar su eficiencia, pero manteniendo la mayoría de sus algoritmos.

Las principales funcionalidades que proporciona FaCT++ para trabajar con ontologías son (Tsarkov & Horrocks, 2004): (i) comprobación de la consistencia de una ontología (útil sobre todo a la hora de la definición de ontologías, aunque también puede serlo para su evaluación, pues evita realizar el costoso proceso de razonamiento si ésta es inconsistente); (ii) comprobación de satisfacción de un concepto o grupo de conceptos; (iii) comprobación de las deducciones de relaciones entre conceptos (permite la obtención de conocimiento no expresado explícitamente y facilita la comparación de conceptos u ontologías); y (iv) creación de taxonomías para categorizar ontologías.

Por otra parte FaCT++ proporciona soporte completo al razonamiento basado en DL, además de en FOL. Sin embargo no proporciona soporte nativo a la sintaxis XML de OWL, por lo que es preciso utilizar herramientas intermedias, como la interfaz DIG²⁰, y realizar una transformación previa de las ontologías para su uso a través de dicha interfaz.

RACER

RACER²¹ (del inglés “*Renamed ABox And Concept Expression Reasoner*”) es una evolución de RacerPro²², que proporciona servicios de inferencia optimizados, permitiendo desarrollar aplicaciones sofisticadas.

A pesar de que se trata de un sistema de representación del conocimiento que implementa cálculos altamente optimizados basados en tableaux para DL, sería preciso usar servicios de traducción para poder utilizar RACER con OWL. Proporciona razonamientos basados en

¹⁷ <http://wilbur-rdf.sourceforge.net/>

¹⁸ <http://owl.man.ac.uk/factplusplus/>

¹⁹ <http://www.cs.man.ac.uk/~horrocks/FaCT/>

²⁰ <http://dig.sourceforge.net/>

²¹ <https://www.ifis.uni-luebeck.de/index.php?id=385>

²² <http://franz.com/agraph/racer/>

reglas y restricciones, procesamiento de consultas expresivas, y servicios de persistencia de datos basados en AllegroGraph²³.

KAON2

KAON2²⁴ es una framework basado en Java para trabajar con ontologías basadas en OWL DL (proporciona soporte parcial, al no soportar, por ejemplo, clases enumeradas), el subconjunto DL-Safe (Motik et al., 2004) de SWRL (del inglés “*Semantic Web Rule Language*”) y F-Logic (del inglés “*Frame Logic*”) (Kifer, 2005). Se trata de una evolución del proyecto KAON, el cual permitía trabajar únicamente con una extensión de RDFS.

KAON2 está basado en Java y proporciona un API para el desarrollo de aplicaciones para la gestión de ontologías, además de un motor de inferencia que permite procesar consultas basadas en SPARQL (apartado 1.3.1.5). Al igual que Jena, proporciona también la posibilidad de trabajar con módulos de persistencia. Se trata de uno de los frameworks más populares para la implementación de herramientas para la Web Semántica, además de encontrarse bien documentado y en continuo desarrollo (con lanzamientos de nuevas funcionalidades y resolución de bugs).

Pellet

Pellet²⁵ es otro de los razonadores más populares que existen actualmente para el desarrollo de aplicaciones para la Web Semántica, ya que proporciona soporte para la expresividad total de OWL DL (incluidas clases enumeradas), habiendo sido ampliado para incluir las especificaciones de OWL DL incorporadas en OWL 1.1²⁶. Además se encuentra en continuo desarrollo, y es probablemente el framework de este tipo que más soporte proporciona a los desarrolladores.

Proporciona todos los servicios estándar de inferencia que se encuentran tradicionalmente en los razonadores DL: comprobación de consistencia, satisfacción de conceptos, clasificación, y comprensión. A su vez proporciona ciertas capacidades de OWL Full, como soporte a propiedades funcionalmente inversas, o al compartimiento de vocabulario entre individuos, clases o propiedades. Además de una API para la gestión de ontologías desde aplicaciones autónomas, Pellet proporciona la posibilidad de llevar a cabo razonamientos de manera coordinada con Jena u OWL-API, realizando éstas las tareas de gestión sintáctica. También permite el procesamiento de consultas (únicamente sobre ABox) basadas en SPARQL. Al igual que KAON2, Pellet soporta DL-Safe, sin embargo no garantiza el correcto funcionamiento del razonamiento basado en reglas.

Razonadores OWL Full

Actualmente existen razonadores que proporcionan soporte a parcial a OWL Full, pero ninguno de ellos soporta totalmente dicha especificación.

F-OWL

F-OWL (Zou et al. 2005) es un motor de inferencia para OWL basado en F-logic. Su implementación incluye XSB²⁷ (sistema de programación lógica que, además de toda la

²³ <http://agraph.franz.com/>

²⁴ <http://kaon2.semanticweb.org/>

²⁵ <http://clarkparsia.com/pellet/>

²⁶ <http://www.w3.org/Submission/owl11-overview/>

²⁷ <http://xsb.sourceforge.net/>

funcionalidad de Prolog²⁸, contiene características adicionales como presentación, negación no estratificada, construcciones de orden superior, y un sistema de pre-procesamiento flexible) y Flora-2²⁹ (compila a XBS a partir de un dialecto de F-Logic, aprovechando las ventajas de HiLog (Chen et al., 1993) como sintaxis para representar términos de funciones y predicados, y semánticas bien fundamentadas para las características de negación propias de XSB, sacando el máximo partido de las mismas).

Como características principales de F-OWL destacan las capacidades para realizar razonamientos con ontologías OWL 2³⁰, usando reglas axiomáticas definidas en Flora-2, y una API para la integración con aplicaciones Java. Cabe destacar, además, que F-OWL ha sido utilizado como razonador de ontologías en numerosos prototipos de sistemas inteligentes, y es el motor de inferencia para OWL Full que soporta más características de éste.

1.3.1.4 Interfaces de programación de ontologías

OWL-API

OWL-API (Horridge & Bechhofer, 2011) es un API de alto nivel que permite trabajar con ontologías OWL, soportando OWL DL. Se creó en 2002 como parte del proyecto WonderWeb (Volz et al., 2002) para utilizar OWL 1.0, y su última versión (4.0.2) está estrechamente alineada con la especificación OWL 2, incluyendo validadores para OWL 2 QL, OWL 2 EL y OWL 2 RL. Es compatible con sistemas de gestión de estructuras ontológicas y con motores de razonamiento.

Es un proyecto de código abierto publicado bajo las licencias LGPL y Apache que OWL-API permite procesar, analizar y manipular ontologías en diferentes formatos (OWL 2, RDF/XML, OWL/XML, sintaxis funcional de OWL, Turtle, formato abierto para ontologías biológicas y biomédicas OBO³¹), incluyendo capacidades de serialización para el almacenamiento de la información en ficheros. Permite, a su vez, explotar las funcionalidades de inferencia propias de OWL, mediante interfaces para el uso de razonadores como FaCT++, Hermit³², Pellet o RacerPro.

Jena

Como se vio en el apartado 1.3.1.3, Jena es un framework Java para la construcción de aplicaciones para la Web Semántica, el cual permite la incorporación de razonadores para inferir relaciones inicialmente no explícitas entre los elementos de una ontología.

Jena permite representar, analizar, crear, manipular y consultar modelos basados en RDF. Para ello, en primer lugar proporciona soporte a la creación de repositorios RDF y a su almacenamiento tanto en memoria como en BD, por medio de sus componentes SDB³³ (repositorio de tripletas RDF que almacena la información en una BD relacional, optimizando su consulta a través SPARQL) y TDB³⁴ (en lugar de una BD utiliza un sistema propio que mejora la gestión tanto de información como de metadatos).

²⁸ <http://www.swi-prolog.org/>

²⁹ <http://flora.sourceforge.net/>

³⁰ <http://www.w3.org/TR/owl2-overview/>

³¹ <http://www.obofoundry.org/>

³² <http://hermit-reasoner.com/>

³³ <https://jena.apache.org/documentation/sdb/>

³⁴ <http://jena.apache.org/documentation/tdb/>

Para consultar la información del repositorio persistente Jena permite las siguientes posibilidades: (i) consultas en SPARQL, a través de las cuales se buscan tripletas RDF en el repositorio, pero no se explotan las capacidades semánticas de la ontología; (ii) API para explotar semánticamente la información, utilizando el modelo ontológico y un perfil que permita generar el modelo inferido, pudiendo así obtener tanto las instancias directas de una clase como las inferidas; (iii) aproximación mixta, a través de la cual obtener datos a partir de consultas SPARQL y realizar a partir de ellos operaciones más avanzadas directamente en el modelo de la ontología.

Por otra parte Jena proporciona distintos métodos para gestionar la información, permitiendo cargarla automáticamente (almacenada en ficheros XML/RDF, OWL o N3) en el repositorio semántico, crear clases en una ontología, añadir propiedades y relaciones entre clases, crear individuos de una clase, o borrar información del modelo de la ontología (borrado de tripletas concretas del modelo, de un conjunto de ellas, o de toda la información de un repositorio).

1.3.1.5 Lenguajes de consulta semánticos: SPARQL

SPARQL³⁵ (del inglés, “*Protocol and RDF Query Language*”) es el principal lenguaje de consulta semántico para acceso a repositorios RDF. SPARQL (recomendación del W3C desde 2008) permite hacer consultas sencillas sobre orígenes de datos distribuidos, habiendo sido diseñado para un uso escalable en la Web. Esta característica hace que SPARQL sea un lenguaje sencillo, con bajo coste computacional y buenos resultados. Existen varios lenguajes similares a SPARQL, como SquishQL (Miller et al., 2002), RDQL³⁶ (del inglés “*RDF Data Query Language*”) o TriQL (Bizer, 2004), los cuales también consideran la información en RDF como tripletas, sin tener en cuenta la semántica del modelo.

En concreto, para SPARQL existen diferentes especificaciones que describen las diferentes partes de su funcionalidad: (i) SPARQL Query Language³⁷ (componente principal de SPARQL, el cual constituye el lenguaje de consulta); (ii) SPARQL Protocol for RDF³⁸ (protocolo de acceso remoto a datos a través del lenguaje para definición de servicios Web WSDL³⁹, y transmisión de consultas de los clientes a los procesadores); y (iii) SPARQL Query Results XML Format⁴⁰ (formato basado en XML para la devolución de los resultados de las consultas SELECT o ASK).

Las consultas en SPARQL incluyen URI (del inglés “Uniform Resource Identifier”), literales (se representan entre “<” y “>”) y variables (prefijadas a través del símbolo “?”). SPARQL define cuatro tipos diferentes de consulta: (i) SELECT, que es la principal operación y devuelve las variables que coinciden con el patrón de búsqueda, o todas las existentes (utilizando “@*A”); (ii) CONSTRUCT, que devuelve un grafo RDF donde las variables del patrón de consulta se sustituyen por los resultados de la misma; (iii) ASK, que indica si la consulta puede devolver algún valor o no; y (iv) DESCRIBE, que devuelve la descripción de los recursos encontrados en la consulta en lugar de los valores correspondientes, por lo que es especialmente útil para labores de depuración. La Figura 3 muestra un ejemplo de consultas SELECT (representadas por la palabra clave “SELECT”) en SPARQL, las cuales se pueden

³⁵ <http://www.w3.org/TR/sparql11-overview/>

³⁶ <http://www.w3.org/Submission/RDQL/>

³⁷ <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>

³⁸ <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-protocol/>

³⁹ <http://www.w3.org/TR/wsd1>

⁴⁰ <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-XMLres/>

dividir en las siguientes partes:

- (i) Espacio de nombres: mediante la palabra reservada PREFIX se introducen los espacios de nombres necesarios para la consulta a través de la asociación de una URI a una etiqueta.
- (ii) Valores a devolver: la palabra clave FROM identifica el grafo RDF sobre el que se debe ejecutar la consulta (una consulta puede incluir varios FROM), y WHERE el patrón de filtrado de las tripletas RDF a devolver.
- (iii) Consulta: tripletas que forman la consulta, representadas entre los corchetes.
- (iv) Opciones: a través de distintas palabras clave se pueden representar distintas opciones como, por ejemplo, ORDER para ordenar los resultados, o DISTINCT para evitar mostrar varias veces el mismo resultado, etc.

```
PREFIX book_: <http://example.org/book/>
PREFIX ttl_: <http://purl.org/dc/elements/1.1/>

SELECT ?title
WHERE { book_:book1 ttl_:title ?title .}
ORDER BY ?title
```

Figura 3. Consulta SELECT en SPARQL

Adicionalmente existen una serie de palabras clave que permiten precisar los patrones de consulta, entre las que destacan las siguientes: (i) OPTIONAL, que se incluye en la parte WHERE de la consulta e indica que las tripletas RDF declaradas bajo su ámbito son opcionales (útil cuando se declaran propiedades en una clase cuya existencia no es obligatoria para todas las instancias de la misma); (ii) UNION, que permite devolver conjuntamente los resultados de dos patrones de consulta diferentes; (iii) LIMIT, que limita el número de resultados a devolver; y (iv) OFFSET que identifica la posición a partir de la cual devolver los resultados, lo cual es útil cuando el conjunto de estos es muy grande.

Además por medio de la palabra clave FILTER, se pueden evaluar valores literales en un patrón de consulta definido. Esto permite, por ejemplo, restringir el tipo de datos o el idioma de los valores, además de establecer condiciones aritméticas o evaluar expresiones regulares.

1.3.2 Ontologías y el PLN

El PLN tiene como objetivo convertir el lenguaje humano en una representación formal que sea fácilmente manipulable por un ordenador (Collobert & Weston, 2008). Esto supone un gran reto, ya que tanto la estructura como el uso de los lenguajes naturales se basan en que los participantes en la conversación compartan experiencia, conocimiento, y maneras de sentir, razonar y actuar.

Como se vio en el apartado 1.3.1, una ontología proporciona una estructura y un vocabulario común para organizar el conocimiento de un dominio, mediante la definición de los conceptos del mismo y sus relaciones, por lo que las ontologías permiten una representación semánticamente rica de la estructura conceptual del lenguaje. Además dichas relaciones permiten discernir el sentido de un término dentro del ámbito del discurso. Por otra parte las ontologías son muy útiles en los sistemas de traducción automática, ya que, al representar conceptos (no términos), permiten asociar a cada uno las formas lingüísticas (una o varias) que lo representan en cada lengua.

En este sentido la relación entre ontologías y las técnicas de PLN es bidireccional (Maedche & Staab, 2001), ya las ontologías permiten una representación semánticamente rica del lenguaje y, por otra parte, el PLN facilita la construcción automática de ontologías y la detección de los elementos ontológicos (conceptos, clases, relaciones, atributos) a partir de texto en lenguaje natural (Cimiano et. al, 2009).

Por otro lado uno de los principales temas de investigación en del ámbito de la Web Semántica es el *ontology learning*, el cual trata la construcción de ontologías a través del procesamiento de texto estructurado y semi-estructurado (Shah & Jain, 2014). Este proceso se divide en los siguientes pasos: extracción de la terminología de dominio y sinónimos de un corpus de documentos, identificación de los conceptos principales sobre la base de los términos relevantes detectados y las clases de sinónimos, estructuración de conceptos en taxonomías, identificación de las relaciones no taxonómicas entre conceptos, estructuración de las relaciones en la jerarquía, identificación de las definiciones axiomáticas de y entre los conceptos y las relaciones, y enfoques para la población de una ontología mediante la identificación de entidades en el texto que se relacionan con una ontología de dominio predefinido. Se trata, por lo tanto, de un proceso lento, costoso e iterativo, que hace necesario el desarrollo técnicas avanzadas para su optimización.

1.3.2.1 Metodologías de construcción de ontologías

Se denomina ingeniería ontológica a la disciplina que estudia los principios, métodos y herramientas para la creación y mantenimiento de ontologías (Iqbal et al., 2013). Para ello son necesarias metodologías que proporcionen una serie de pautas y actividades, ya que se trata de una tarea compleja (Hameed et al., 2002) en la que es necesario coordinar el trabajo y gestionar los flujos de información entre los expertos de dominio e ingenieros del conocimiento implicados en la misma (Hameed et al., 2002).

Para el soporte a la construcción de ontologías se han propuesto hasta la fecha un buen número de metodologías (Iqbal et al., 2013), las cuales contemplan usualmente las fases de diseño, construcción, evaluación e implantación (Devedzic, 2006). Sin embargo este campo carece de metodologías ampliamente aceptadas (Iqbal et al., 2013), pudiéndose encontrar entre las principales causas de este hecho un exceso de especificidad, ya que en muchas de estas ontologías fueron desarrolladas para cubrir los objetivos de un proyecto concreto, o un exceso de generalidad, ya que algunas se basan en la aplicación de metodologías del desarrollo de software en general (Corcho et al., 2003; Staab & Studer, 2004).

Las metodologías de construcción de ontologías se clasifican en cooperativas y no cooperativas (Fernández-Breis, 2003). A continuación se describen algunas de las metodologías más destacables en cada una de estas categorías (Iqbal et al., 2013).

Metodologías no cooperativas

Cyc

La metodología Cyc se basa en la idea de reutilización y rediseño y está relacionada con el dominio del PLN (Iqbal et al., 2013) para proporcionar dichas capacidades a sistemas expertos y de aprendizaje automático. No recomienda un ciclo de vida concreto, basándose en tres fases (Iqbal et al., 2013; Lenat, 1995): la primera requiere codificación manual para extraer el conocimiento común implícito en diferentes fuentes; la segunda propone la codificación del conocimiento con la ayuda de herramientas de PLN para adquirir nuevo conocimiento común; y la tercera se basa principalmente en herramientas que requieren escasa intervención humana.

METHONTOLOGY

METHONTOLOGY (Fernández-López et al., 1997; Fernández-López et al., 1999; Iqbal et al., 2013) es una metodología para la construcción de ontologías, tanto partiendo desde cero, como reusando otras ontologías, o a través de un proceso de reingeniería. Propone un ciclo de vida basado en la reutilización y la evolución a partir de prototipos.

Se trata de una de las metodologías más utilizadas, debido a que proporciona detalles suficientes sobre los pasos a ejecutar en cada actividad (evaluación, gestión de configuración, conceptualización, integración, implementación, etc.), las técnicas usadas, los productos a obtener y cómo estos deben ser evaluados. Además los autores la han mejorado y revisado a lo largo de los años, haciéndola aún más fácilmente adoptable. Por último está parcialmente soportada por el entorno de desarrollo ontológico WebODE.

On-To-Knowledge

La metodología On-To-Knowledge (OTK) es el resultado de un proyecto europeo homónimo (Fensel et al., 2000), y su objetivo es mejorar la calidad de la gestión del conocimiento en organizaciones grandes y distribuidas (Staab et al., 2001; Sure et al., 2003). Para ello proporciona guías para introducir conceptos y herramientas de gestión de conocimiento en empresas, facilitando la presentación del mismo de forma eficiente y efectiva, a través de la aplicación de ontologías a la información disponible electrónicamente.

Entre los resultados del proyecto destacan los siguientes (Sure et al., 2003): herramientas para el acceso y procesamiento semántico de la información, una capa de inferencia denominada OIL (del inglés “*Ontology Inference Layer*”), una metodología asociada y una serie de casos de aplicación. La metodología contempla cinco fases principales: (i) estudio de factibilidad para identificar a las partes involucradas, enfocar el dominio de la aplicación basada en la ontología y dar soporte a la toma de decisiones acerca de la continuidad del proyecto; (ii) especificación de requisitos para la aplicación basada en la ontología, para lo que cuenta con valiosas fuentes de conocimiento y documentos; (iii) refinamiento, ampliando la ontología con más conceptos y relaciones de dominio de grano fino a partir de conocimiento de expertos de dominio; (iv) formalización, donde la ontología refinada se traduce a un lenguaje de representación formal, como OIL, y desarrollo de un prototipo de aplicación para evaluar la ontología; y (v) evaluación, comprobando si se cumplen los requisitos especificados.

Metodologías cooperativas

Ontolingua

A pesar de que la construcción colaborativa de ontologías es un aspecto relevante en ingeniería ontológica, todavía no se ha prestado la atención suficiente a este aspecto. En este sentido merece la pena mencionar a la plataforma Ontolingua cuando se habla de construcción colaborativa de ontologías (Iqbal et al., 2013). Los puntos fuertes de Ontolingua son su visión colaborativa y distribuida de la construcción de ontologías, su firme soporte a la reutilización de las mismas y que no es dependiente de la aplicación. Como puntos débiles destacan la falta de funcionalidades de mapeo entre ontologías, el hecho de que no proporciona detalles suficientes sobre la ingeniería ontológica, y que no incluye la recomendación de un ciclo de vida concreto.

A parte de la metodología para la construcción colaborativa de ontologías, Ontolingua proporciona un servidor que incluye una biblioteca de ontologías definidas previamente, las cuales pueden reutilizarse, rediseñarse y ampliarse mediante la adición de nuevas ontologías. La metodología consta únicamente de consejos sobre la navegación, el desarrollo, el mantenimiento y la puesta en común de las ontologías almacenados en su servidor.

SENSUS

Al igual que Ontolingua, SENSUS proporciona soporte a la colaboración, reutilización e interoperabilidad en la construcción de ontologías (Iqbal et al., 2013). Uno de los puntos diferenciadores respecto a Ontolingua es el grado de dependencia de la aplicación, ya que SENSUS no es completamente independiente de la naturaleza de ésta.

Otra de las diferencias entre ambas es que, mientras Ontolingua utiliza una colección de ontologías para su reutilización, SENSUS cuenta con una ontología⁴¹ que consta de una jerarquía con más de 50.000 conceptos. Estos conceptos pertenecen a diferentes niveles de abstracción, lo que hace no cubra específicamente un dominio particular. Como punto débil destaca que, al igual que Ontolingua, SENSUS no incluye la recomendación de un ciclo de vida concreto. Además no proporciona detalles sobre los procesos de pre y post-desarrollo.

En el siguiente apartado se trata el proceso de anotación semántica y las principales herramientas existentes para su soporte.

1.3.3 Anotación semántica

La anotación semántica es el proceso de asignar conceptos semánticos a textos expresados en lenguaje natural (Oliveira y Rocha, 2013). En relación con la Web Semántica, la anotación es el proceso mediante el cual se crean y asignan etiquetas semánticas a documentos de la Web semántica, con el objetivo de habilitar nuevos métodos de acceso a la información y la ampliación de los ya existentes, proporcionando soporte, por ejemplo, a la realización de búsquedas avanzadas basadas en conceptos, razonamientos sobre recursos Web y visualización de la información basada en ontologías (Slimani, 2013). De esta forma la anotación sirve para convertir estructuras sintácticas en estructuras de conocimiento.

Desde un punto de vista tecnológico, la anotación semántica es el proceso de inserción de metadatos, que son conceptos de una ontología (es decir, clases, instancias, propiedades y relaciones), en los recursos Web, con el fin de dotar a los mismos de significado (Oliveira y Rocha, 2013). De esta forma este proceso puede verse como la creación dinámica de relaciones bidireccionales entre ontologías y documentos no estructurados y semi-estructurados. Este proceso es especialmente relevante para la Web Semántica, ya que su éxito depende esencialmente de la proliferación de contenido Web anotado.

En los siguientes apartados se presenta el análisis de las principales herramientas existentes para el soporte al proceso de anotación semántica, en base al grado de automatización que proporcionan al mismo.

1.3.3.1 Herramientas de anotación semántica manual

La anotación manual transforma los recursos sintácticos en estructuras de conocimiento interconectadas mediante la adición de metadatos a elementos de distintos niveles en un documento (palabra, frase o párrafo) (Slimani, 2013). Aunque es más precisa que la anotación automática se trata de un proceso costoso, aunque actualmente existen herramientas de autor que lo facilitan.

A continuación se proporciona un breve análisis de las principales herramientas de anotación semántica manual.

⁴¹ <http://www.isi.edu/natural-language/projects/ONTOLOGIES.html>

Annotea

Annotea⁴² proporciona un framework extensible basado en metadatos RDF, que incorpora una interfaz de usuario sencilla para tareas de anotación. Los metadatos anotados se pueden almacenar de forma local o en uno o más servidores de anotación, y se presentan al usuario a través de un cliente capaz de entender estos metadatos y de interactuar con un servidor de anotación a través del protocolo HTTP. Por anotaciones Annotea se refiere a comentarios, notas, explicaciones, u otros tipos de comentarios externos que se pueden incluir en cualquier documento Web o en una parte seleccionada de los mismos.

Annotea utiliza un esquema de anotación basada RDF para describir las anotaciones a través de metadatos, y XPointer⁴³ para la localización de las anotaciones en el documento anotado.

Amaya

Amaya⁴⁴ es el editor / navegador del W3C, que constituye la primera aplicación cliente para el proyecto Annotea. Se trata de una herramienta que permite a los usuarios realizar anotaciones en documentos Web en formato XML o HTML de forma colaborativa en el propio browser (Slimani, 2013). Posteriormente se extendió, incorporando la compatibilidad con XML XHTML, MathML y SVG. Para la realización de anotaciones de forma colaborativa, la plataforma Amaya usa RDF, XLink⁴⁵, XPointer y Annotea como servidor de anotaciones.

Annozilla

El proyecto Annozilla⁴⁶ consiste en una herramienta para ver y crear anotaciones semánticas asociadas a páginas Web, tal y como define el proyecto Annotea. La idea es almacenar las anotaciones (en formato RDF) en un servidor, usando XPointer para identificar la parte del documento que está siendo anotada. La intención de Annozilla es usar las utilidades nativas de Mozilla para la manipulación de los datos bajo anotación.

CREAM/OntoMat

El framework CREAM (del inglés “*CREating Metadata for the Semantic Web*”) (Handschuh & Staab, 2003) permite la anotación semántica a través de la creación de metadatos relacionales (metadatos que instancian definiciones interrelacionadas de clases en una ontología) para páginas Web. Proporciona distintos servicios, como mecanismos de inferencia, un crawler, un sistema de gestión de documentos, editores y visualizadores de documentos, y una meta-ontología (Handschuh et al., 2002).

OntoMat⁴⁷ es la primera implementación desarrollada para la plataforma CREAM. Proporciona soporte al usuario a la hora de crear y mantener instancias, atributos y relaciones OWL. Incluye un navegador para la exploración de la ontología y un navegador HTML para mostrar las partes anotadas del documento. En lugar de anotar manualmente la página con un editor de texto, OntoMat permite al usuario resaltar partes relevantes de la página Web y crear nuevas instancias por medio de mecanismos *Drag & Drop*. Está previsto que una futura versión contenga un plug-in para la extracción de información, proporcionando un asistente que sugiera qué partes del texto son relevantes para la anotación.

⁴² <http://www.w3.org/2001/Annotea/>

⁴³ <http://www.w3.org/TR/xptr-xpointer/>

⁴⁴ <http://www.w3.org/Amaya/>

⁴⁵ <http://www.w3.org/TR/xlink/>

⁴⁶ <http://annozilla.mozdev.org/>

⁴⁷ <http://km.aifb.kit.edu/projects/annotation/Members/cobu/AnnotationTool.2004-07-28.1138/view.html>

SMORE

SMORE (del inglés “*Semantic Markup, Ontology, and RDF*”) (Kalyanpur et al., 2006) es entorno integrado para la creación de páginas Web, correo electrónico y otros contenidos online, el cual a su vez facilita su anotación semántica. Además de la combinación de la creación y anotación de contenidos, SMORE permite a los usuarios marcar zonas de imágenes utilizando SVG. También incluye una serie de opciones para recopilar información de la Web, incluyendo una funcionalidad de búsqueda avanzada de ontologías, y un portal virtual semántico que proporciona enlaces a materiales semánticamente relacionados.

Posee una aplicación de escritorio basado en el editor Java de código abierto para HTML Ekit⁴⁸ y el editor de ontologías Swoop (Kalyanpur et al., 2006b).

WymEditor

WymEditor⁴⁹ es un editor de XHTML basado en Web del tipo WYSIWYM (del inglés “*What You See Is What You Mean*”) pero no WYSIWYG (del inglés “*What You See Is What You Get*”). Está escrito en JavaScript y, además de editar contenidos, permite realizar anotaciones. También es posible anotar textos a partir de una ontología OWL haciendo uso de las opciones de personalización que proporciona.

1.3.3.2 Herramientas de anotación semántica semiautomática

El proceso de anotación semiautomática precisa de la intervención humana en algunas fases del mismo (Slimani, 2013). Las herramientas de esta categoría difieren, entre otras características, en su arquitectura, métodos y herramientas de extracción de información, la cantidad de trabajo manual requerido para llevar a cabo la anotación, el rendimiento, etc.

A continuación se proporciona un breve análisis de las principales herramientas de anotación semántica semiautomática.

S-CREAM/Ont-O-Mat

SCREAM (del inglés “*Semi-automatic CREAtion of Metadata*”) es una evolución de CREAM, que proporciona soporte a la creación de metadatos con la ayuda de mecanismos de extracción de información, además de todas las otras características interesantes de CREAM (Handsuh et al., 2002). S-CREAM proporciona soporte a la anotación semi-automática de páginas Web, siendo entrenable para un dominio específico. Esta anotación semi-automática se basa en el componente Amilcare (Ciravegna & Wilks, 2003), el cual es un sistema de extracción de información adaptativo diseñado para proporcionar soporte a la anotación de documentos.

Ont-O-Mat es la implementación de referencia de la plataforma S-CREAM, un framework que soporta anotación de textos, tanto manual como semi-automática de forma interactiva (Slimani, 2013). Ont-O-Mat está basado en Java y proporciona un plug-in para, por ejemplo, la creación colaborativa de metadatos o para la edición y evolución de ontologías de manera integrada (Handsuh et al., 2002). Ont-O-Mat extrae, con la ayuda de Amilcare, la estructura de conocimiento de las páginas Web a través del uso de reglas de extracción de conocimiento. Estas reglas son el resultado de un proceso de aprendizaje basado en páginas ya anotadas.

⁴⁸ <http://www.hexidec.com/ekit.php>

⁴⁹ <http://www.wymeditor.org/>

GATE

GATE⁵⁰ (el inglés “*General Architecture for Text Engineering*”) es un framework de código abierto para crear aplicaciones de PLN, capaces de resolver casi cualquier problema de procesamiento de texto. Incluye un SDK con el entorno de prueba correspondiente, y cuenta con una comunidad madura y extensa de desarrolladores y usuarios.

Permite acceder a ontologías OWL y anotar textos mediante el uso de expresiones regulares, de manera que por cada regla que se cumple, se puede crear una anotación distinta en la ontología.

1.3.3 Herramientas de anotación semántica automática

La anotación automática de documentos Web, como se ha explicado anteriormente, es una tarea fundamental para el éxito de la Web Semántica (Slimani, 2013). Las herramientas de anotación o etiquetado automáticos que proporcionan mejores resultados se basan en algoritmos de aprendizaje automático que necesitan ser entrenados utilizando conjuntos de datos a tal efecto.

A continuación se proporciona un breve análisis de las principales herramientas de anotación semántica automática.

KIM - Semantic Annotation Platform

KIM es una plataforma de anotación semántica totalmente automática y que, además, no necesita supervisión (Slimani, 2013). Para ello trabaja con su propia meta-ontología, denominada KIMO, la cual cuenta con 250 clases y 100 relaciones y atributos, y una base de conocimientos, denominada KIM KB, con más de 200.000 descripciones de entidades de carácter general.

Por otra parte, KIM (Popov et al., 2003) es una plataforma madura (consta de un servidor, una interfaz de usuario Web, y un plug-in para Internet Explorer) que proporciona servicios de indexación y recuperación de documentos no estructurados o semi-estructurados de forma escalable y personalizable. También proporciona capacidades de recuperación de contenido basado en restricciones semánticas, y de consulta y modificación de ontologías y bases de conocimiento.

Para las tareas de anotación semántica KIM analiza textos, reconociendo las entidades contenidos en ellos, y trata de encontrar coincidencias entre ellas y entidades de la ontología seleccionada, anotando las referencias identificadas en el texto con las URI de las entidades correspondientes de la ontología.

MnM

MnM⁵¹ es una herramienta que proporciona soporte para anotar páginas Web con contenidos semánticos, tanto de forma automática como semiautomática. MnM integra un navegador Web con un editor de ontologías y proporciona varias API abiertas para establecer enlaces con servidores de ontologías y para la integración de herramientas de extracción de información. La anotación semántica está basada en Amilcare (Slimani, 2013).

⁵⁰ <https://gate.ac.uk/>

⁵¹ <http://projects.kmi.open.ac.uk/akt/MnM/>

SemTag

SemTag⁵² es el componente anotación semántica de la plataforma *Seeker* (Dill et al., 2003), la cual es una herramienta de análisis de texto a gran escala, lo que facilita la anotación de la “web profunda” (Oliveira & Rocha, 2013). SemTag utiliza técnicas de análisis estructural para anotar documentos Web y una ontología estándar (TAP) para anotar los textos con sus términos en de forma automatizada. SemTag está diseñado para funcionar como una aplicación centralizada (útil más para expertos que para ingenieros de conocimiento) que puede acceder a los registros de BD y los metadatos correspondientes, proporcionando ventajas respecto a anotadores a nivel local.

La ontología TAP (Oliveira & Rocha, 2013) contiene información léxica y taxonómica sobre una gran variedad de entidades, como por ejemplo, lugares, películas, autores, músicos, automóviles, etc. SemTag puede detectar la presencia de dichas entidades en las páginas Web, aportando desambiguación a través del algoritmo TBD (del inglés “*Taxonomy Based Disambiguation*”). SemTag almacena las anotaciones generadas separadas del documento original.

1.3.3.4 Plataforma de anotación semántica validada en el entorno de la gestión de la I+D+i

De cara a la consecución de los objetivos propuestos en la presente tesis doctoral se ha utilizado un módulo de anotación semántica basado en la reciente tesis de Rodríguez-García (2014). Este módulo se describe en profundidad en el apartado 3.7.1, mientras que la contribución de la citada tesis al campo de la gestión de ideas se analiza en el apartado 1.4.3.1 del presente capítulo. Este módulo se ha desarrollado utilizando el framework GATE, y su funcionamiento se basa en la realización, en primer lugar, de un procesado PLN, a partir del cual se anotan todos aquellos conceptos que se encuentran en la lista de palabras analizadas. Como base para la configuración y adaptación de este módulo de anotación semántica al ámbito de la gestión de la I+D+i, se han tomado como referencia una serie de trabajos relacionados con la anotación semántica de proyectos de I+D+i (García-Moreno et al., 2013) y de servicios en la nube (Rodríguez-García et al., 2014a; Rodríguez-García et al., 2014b).

1.4 Tecnologías de la Web Semántica aplicadas a la Gestión de la I+D+i

En este apartado se describen exhaustivamente las ventajas asociadas a la aplicación de tecnologías de la Web Semántica a la gestión de la I+D+i y los intentos realizados hasta el momento actual en esta línea. Para ello, en primer lugar se identifican los problemas, dificultades y deficiencias existentes actualmente en el soporte tecnológico a la gestión de la I+D+i, los cuales se podrían solventar fundamentalmente a través de una adecuada gestión del conocimiento. A continuación se describe cómo las tecnologías de la Web Semántica pueden contribuir de forma decisiva a esa gestión automatizada del conocimiento. Por último se proporciona un análisis de los principales trabajos de investigación realizados hasta la fecha en los que se intentan aplicar las tecnologías de la Web Semántica a la gestión de la I+D+i, identificando las carencias encontradas en relación con los objetivos propuestos en esta tesis doctoral.

⁵² <https://sourcesup.cru.fr/xmg/SemTAG/>

1.4.1 Carencias, retos, problemas y necesidades en la gestión de la I+D+i

Aunque la I+D+i proporciona los medios para que las empresas sobrevivan y crezcan, debido a las características distribuidas y heterogéneas de las mismas, se trata de un proceso difícil de gestionar para ellas (Ning et al., 2006). De este modo se evidencia que muchas compañías, especialmente las PYMEs, tienen problemas a la hora de aplicar los procesos de I+D+i debido, principalmente, a la falta de recursos, herramientas apropiadas, y de una cultura de I+D+i (Perez et al., 2013a). En este sentido las principales causas de las dificultades que se encuentran se basan fundamentalmente en cuestiones de interpretación y cognitivas (Carbonara & Scozzi, 2006). Éstas se traducen, desde el punto de vista técnico, en la falta de disponibilidad de herramientas capaces de gestionar los flujos de conocimiento entre los distintos actores implicados a lo largo de todo el ciclo de vida de la I+D+i, superando la fragmentación y la heterogeneidad de los recursos informativos disponibles (Smith et al., 2014). A continuación se exponen las principales carencias y necesidades en la gestión de la I+D+i distribuidas en los distintos procesos involucrados en la misma (apartado 1.2.2).

En primer lugar, dentro del proceso de VT/IC (apartado 1.2.2.3), en lo referente a la VT, las principales dificultades se centran en la evidencia de que las empresas tienen que afrontar una importante incertidumbre acerca de la evolución tecnológica por su falta de conocimiento sobre este aspecto. De acuerdo con Quelin (2000), esto se debe principalmente a la falta de esfuerzos intensos y de calidad en el ámbito de la VT, la falta de disponibilidad de competencias y capacidades necesarias a nivel individual o de grupo, una interacción insuficiente con los clientes, y la inadecuación de los equipos para esta tarea. Como caso particular cabe destacar que la información de las patentes actualmente no está siendo explotada en todo su potencial. Cuestiones como el elevado número de patentes, el uso de un estilo de lenguaje complicado y un vocabulario inconsistente, o la longitud de las frases en los textos de las mismas, hacen que la búsqueda de patentes relevantes sea un tarea extremadamente compleja (Eisinger et al., 2014; Wang et al., 2013). Desde el punto de vista de la IC, se ha evidenciado que se trata de un proceso que nunca llegará a automatizarse (Latorre-Zacarés, 2011), ya que en su funcionamiento es inherente el factor humano, puesto que una herramienta no puede sistematizar y controlar al 100% el conocimiento, la experiencia, la percepción, o el saber hacer de las personas. Las principales dificultades encontradas radican en un exceso de información, el reducido valor de la misma, y la falta de dedicación en las empresas al análisis de la información, al considerarse una tarea “no productiva”. Estas situaciones dificultan enormemente cubrir la necesidad de producir ideas / oportunidades que no solamente generen proyectos de investigación, sino que permitan anticiparse en los mercados, detectar posibles mejoras a implementar en la empresa, disminuir riesgos, localizar nuevos competidores, nuevos mercados, posibles colaboradores, etc.

En relación al proceso de gestión de los recursos de I+D+i (apartado 1.2.2.4) las dificultades se centran en que se trata de una tarea compleja, costosa en tiempo y recursos, a menudo realizada en momentos equivocados, y que implica dificultades en la elección de una metodología de evaluación idónea y de herramientas eficaces (Gaeta et al., 2012). La incertidumbre que presenta este proceso afecta a las empresas en todas sus actividades de I+D+i, en su intento de movilizar, tanto las competencias tecnológicas básicas (y a sus esfuerzos por aprender a controlar internamente las interacciones entre estas competencias), como el resto de las competencias útiles, incluyendo las externas (Quelin, 2000).

En lo que se refiere al proceso de creatividad (apartado 1.2.2.4) el problema principal procede de la falta de una definición única e integrada de este concepto, debido a que, como la

inteligencia, la creatividad representa una construcción compleja y difusa (Sternberg, 1999). En relación a esto todavía se percibe lejana la posibilidad de contar con una teoría de la creatividad organizacional (a pesar de que las ventajas que proporcionaría a la I+D+i son innumerables) debido al creciente número de agentes implicados en los flujos de conocimiento (Serrat, 2009). Por otro lado el principal reto desde el punto de vista técnico radica en poder aprovechar un amplio corpus de conocimientos (repositorios de documentos corporativos, o potencialmente toda la Web), aprovechando la velocidad de los robots de búsqueda, para proponer contenidos capaces de fomentar el pensamiento creativo y la resolución de problemas (Smith et al., 2014). Por último destacan los desafíos relacionados con el carácter secuencial de las funciones de los equipos, la “comunicación rota” entre diferentes equipos, la actitud de la dirección ante las limitaciones de recursos, las presiones a corto plazo (debido a la dinámica del mercado), y el apoyo limitado a la gestión de la implementación de esquemas de generación de ideas (Bunduchi, 2009).

Los principales retos que se presentan actualmente en el campo de la gestión de colaboraciones en actividades de I+D+i (apartado 1.2.2.4) derivan del nuevo paradigma que supone la OI (apartado 1.2.1.3) y se pueden resumir en los siguientes: (i) a menudo se fracasa a la hora de identificar qué colaboraciones son valiosas (Sie et al., 2014); (ii) es difícil definir un modelo de negocio, ya que cuantas más ideas y actores externos se integran en el proceso de I+D+i de la empresa, mayor número de nuevas oportunidades valiosas se identifican, las cuales suelen desafiar los modelos de negocio tradicionales en los que la empresa se centra tradicionalmente (Hüsig & Kohn, 2011); (iii) se hace más compleja la gestión de la PI debido a que la OI requiere que las empresas externalicen (al menos hasta cierto punto) la generación de ideas y su evaluación (Hüsig & Kohn, 2011; Whelan et al., 2014); (iv) la gran cantidad de información disponible supone un conocimiento potencialmente relevante, pero a su vez puede suponer una sobrecarga de información (Whelan et al., 2014) que a menudo se encuentra fuertemente desestructurada, fragmentada, y sin correlaciones semánticas explícitas (Smith & Taglino, 2014); (v) frecuentemente se encuentra información “viciada” en las herramientas existentes para el soporte a los usuarios en la comunicación de sus necesidades para nuevos conceptos de producto (Diener & Piller, 2009); y (vi) las altas posibilidades de dejar pasar información relevante (Whelan et al., 2014). La resolución de estos retos se considera un tema de investigación muy interesante, ya que proporcionaría múltiples oportunidades para las empresas a la hora de diferenciarse en el mercado.

En el proceso gestión de ideas para proyectos de I+D+i (apartado 1.2.2.5) es donde se encuentra el mayor número de retos a los que dar respuesta, tanto en lo que se refiere a su generación como a su evaluación, principalmente relacionados con la cantidad de esfuerzo humano que se necesita en ambas actividades (Westerski et al., 2013). Los IMS plantean muchos retos como, por ejemplo, proporcionar medios para encontrar información relacionada con una determinada idea. Las funcionalidades de búsqueda implementadas en la mayoría de los IMS se basan en motores de búsqueda tradicionales, los cuales devuelven información a menudo no relacionada con el contexto de la búsqueda, por lo que se recomienda la aplicación de tecnologías de la Web Semántica (Poveda et al., 2012). Así mismo se identifican los principales orígenes de estos problemas en la gran cantidad de ideas que se envían a los sistemas, y la elevada proporción de ideas redundantes y/o triviales entre ellas (Westerski et al., 2010; Westerski et al., 2013).

En el ámbito de la generación de ideas, la mayor parte de las veces éstas no están vinculadas con otra información disponible en los sistemas de la empresa o fuera de la misma, lo que provoca que se generen ideas duplicadas y/o de mala calidad (Perez et al., 2013b). Uno de los

mayores problemas en este sentido es la dificultad para enriquecer estas ideas, ya que se trata de una tarea manual y que consume mucho tiempo (incluyendo la búsqueda y la recolección de conocimientos adicionales en diferentes fuentes). También se ha evidenciado la dificultad a la hora de obtener definiciones precisas y formales de las ideas (Riedl et al., 2009). De hecho la generación de ideas es conocida como la interfaz difusa (del inglés “*fuzzy front end*”) del proceso de I+D+i, debido a que la evaluación de la novedad, viabilidad y valor de las ideas es muy subjetiva e incierta, además de porque las actividades son a menudo caóticas, impredecibles y no estructuradas (Alves et al., 2005). Por último el pequeño número de estudios que se centran en las fuentes de ideas tienden a no examinar las causas de su elección por parte de las empresas en cuestión, o cómo estas empresas las explotan, existiendo, además, una carencia de estudios específicos acerca de la variación en las fuentes de ideas de todos los sectores industriales (McAdam & McClelland, 2002).

En la evaluación de las ideas generadas, desde el punto de vista técnico, se han detectado los siguientes problemas y carencias principales (Perez et al., 2013b; Westerski et al., 2013): (i) dificultades en la detección de ideas similares o duplicadas fundamentalmente debido a la gran cantidad de datos, muchos de los cuales pueden considerarse como “ruidosos”; (ii) la utilización de estadísticas de información comunitaria generadas automáticamente, pero que frecuentemente son demasiado simples; (iii) las opiniones de expertos requieren una cantidad considerable de conocimientos, lo que produce graves limitaciones de tiempo y costes; y (iv) la dificultad para describir con precisión las características distintivas de las ideas de una manera rápida, para poder evaluar las innovaciones propuestas. A estos problemas hay que añadir las dificultades procedentes de la propia estructura y cultura organizacionales, esto es (Bhattacharyya et al., 2011; Weissenberger-Eibl & Teufel, 2011): (i) problemas asociados con las políticas de las empresas, ya que la mayoría de ellas descuidan las dinámicas y políticas subyacentes a la evaluación de ideas; (ii) la mayoría de los modelos de evaluación de ideas son de carácter prescriptivo y se basan en descripciones empíricas incompletas de procesos del mundo real; (iii) no se ha examinado suficientemente el papel de los actores y las capacidades individuales en este contexto; y (iv) existen múltiples factores que dificultan el proceso de evaluación de ideas, como la incertidumbre, las interdependencias entre proyectos, los riesgos, y los tiempos de espera largos y difíciles de medir.

En ambos casos los IMS apenas recogen información sobre el contexto, perdiéndose la información relativa a las condiciones en las que se han obtenido esas ideas, como por ejemplo, el tipo de reto o concurso donde se concibieron, las acciones tomadas durante las diferentes etapas, quiénes contribuyeron a su generación, o el tiempo entre estas etapas (Pérez et al., 2013a). Por lo tanto en la mayoría de IMS, cuando una idea es exitosa no hay manera de identificar el contexto en el que se concibió. En este sentido existen estudios que proponen la aplicación de las tecnologías de la Web Semántica en el proceso de gestión de ideas para superar los problemas identificados (Perez et al., 2013b).

Por otro lado, en relación al proceso de gestión de la cartera de proyectos de I+D+i (apartado 1.2.2.5), de acuerdo con el estudio realizado por Mikkola (2001), las interdependencias tecnológicas entre los proyectos no son demasiado evidentes y, por lo tanto, son difíciles de evaluar. Esto dificulta la toma de decisiones en cuanto a qué proyectos poner en marcha una vez las ideas han sido evaluadas, al no poder establecer relaciones con proyectos (de la empresa o externos) en curso y terminados. Sería conveniente adelantarse a este problema a la hora de hacer la evaluación de ideas para proyectos de I+D+i, relacionando las ideas con proyectos existentes en la organización. Como también señala este estudio, se necesita además una buena comprensión de cada proyecto individual para hacer una selección

adecuada, lo cual es una tarea difícil para los gestores, que no suelen ser técnicos. Por otro lado también es problemático el seguimiento y control de proyectos de I+D+i, ya que existe una elevada dificultad en la identificación de indicadores para garantizar una medición adecuada de los mismos.

En relación al desarrollo de proyectos de I+D+i, a pesar de las ventajas descritas en el apartado 1.2.2.4 acerca de la OC y la OI, los resultados del estudio realizado por Knudsen y Mortensen (2010) ofrecen una perspectiva más crítica sobre su rendimiento, encontrando que para el desarrollo de nuevos productos la estrategia de la empresa en solitario tiene mejor desempeño que la estrategia de colaboración. Además los proyectos de desarrollo de productos en colaboración estudiados son más lentos y tienen un mayor coste que los proyectos habituales de la empresa. En cuanto a la transferencia tecnológica, ésta también presenta dificultades por la falta de soluciones efectivas para el intercambio y la difusión de conocimiento dentro de las redes de colaboración de las empresas (Kuczynski et al., 2006). Por lo tanto se hace necesaria una mejor gestión de la colaboración y la transferencia tecnológica.

Una vez obtenidos los resultados de los proyectos de I+D+i, en solitario o en colaboración, también se encuentran dificultades a la hora de llevar a cabo su adecuada protección (apartado 1.2.2.4). Esto se debe principalmente a que el rápido crecimiento de los documentos de patentes, los textos demasiado largos, el exceso de terminología técnica y legal, y las complicadas relaciones entre las patentes, hacen que sea necesario una gran cantidad de esfuerzo humano (y experiencia en técnicas de recuperación de información, en tecnologías de dominio específico, y en inteligencia de negocio) para poder realizar su análisis, haciendo que el tiempo necesario para ello sea muy elevado, incluso para los expertos (Wang & Cheung, 2011). Por lo tanto es necesario contar con métodos automatizados de soporte a los analistas en el procesamiento y análisis de esta ingente cantidad de información. En ese sentido uno de los retos principales en el análisis a la hora de solicitar una patente es la identificación de los elementos de innovación (conceptos, procesos, materiales), y las relaciones entre ellos, en el texto de las patentes (de Carvalho et al., 2014). La información de éstas se almacena principalmente en BBDD y se presenta en formatos estándar como CVS o XML, presentando las siguientes dificultades de cara a poder realizar análisis semánticos a partir de ellas (Bermúdez-Edo et al., 2013): (i) proporcionan escasa información semántica que permita establecer relaciones para realizar los análisis, dificultándose la compartición de información procedente de distintas BBDD; (ii) en los casos en los que se han construido ontologías de patentes, éstas no capturan las jerarquías tecnológicas implícitas, lo que dificulta la explotación de la información de patentes aplicando razonamientos lógicos; (iii) existe una elevada heterogeneidad, en cuanto a la representación, entre distintas oficinas de patentes.

También se encuentran dificultades en la explotación (tanto interna como externa) de los resultados de I+D+i. En cuanto a la explotación interna a menudo es difícil hacer extensivo el conocimiento generado al conjunto de la organización. Es frecuente que una unidad quiera obtener conocimientos de otras unidades, pero que no sea capaz de acceder a ellos (Tsai, 2011). Además, aunque tal conocimiento esté disponible, es muy probable que la unidad no tenga la capacidad de absorber y aplicar los conocimientos para su propio uso. En cuanto a la explotación externa se evidencia la ausencia de un marco holístico que abarque el conjunto de las actividades necesarias para la obtención de productos útiles y comercializables a partir de una idea (Adams et al., 2006).

Por último también supone un reto importante la medición de los complejos procesos que afectan a la capacidad de I+D+i de la organización con el fin de poder gestionarlos de forma óptima (Doroodian et al., 2014). En este sentido la literatura se caracteriza por una diversidad de enfoques, prescripciones y prácticas que, a menudo, son confusos y contradictorios (Adams et al., 2006). Además, existen dificultades inherentes a la traducción de algunas dimensiones de desempeño a métricas expresadas numéricamente (Chiesa & Frattini, 2009).

1.4.2 Gestión del conocimiento, gestión de la I+D+i y Web Semántica

En este apartado se explora, por un lado, la relación entre la gestión del conocimiento (KM, del inglés “*Knowledge Management*”) y la gestión de la I+D+i, demostrando la necesidad de una adecuada implementación de la primera para el éxito de la segunda. Por otro lado se analiza la capacidad de la Web Semántica como tecnología habilitadora para el desarrollo de la KM en las organizaciones.

1.4.2.1 Gestión del conocimiento y gestión de la I+D+i

Sin conocimiento no puede haber I+D+i (Gloet & Samson, 2013). Hoy en día el conocimiento y la capacidad de crearlo y utilizarlo se considera la principal fuente de ventajas competitivas sostenibles de una empresa (Diamantini et al., 2013; Urze & Abreu, 2014). Para esto es necesaria una KM efectiva y estratégica que ayude a la integración de actividades de creación de valor en los procesos de las organizaciones y que aumente su potencial en relación con la I+D+i, la agilidad y la competitividad (Zyngier et al., 2014). Por tanto la KM es clave para mejorar la capacidad de realizar una I+D+i sistemática en contextos organizacionales (Gloet & Samson, 2013). Del mismo modo la evidencia empírica demuestra que una adecuada KM en las empresas afecta positivamente al rendimiento de sus equipos de I+D+i (Seeber et al., 2014), permitiéndolas gestionar sus recursos más eficazmente y ser más innovadoras (Gloet & Samson, 2014). En definitiva la calidad en la KM supone un impacto significativo en la I+D+i (Peng et al., 2014), y en su velocidad y magnitud (Liao et al., 2010), por lo que debe fomentarse en las empresas (Jiménez-Jiménez et al., 2014). De hecho entre las muchas ventajas del establecimiento de la KM en las organizaciones, la I+D+i se considera la más importante (Alaei et al., 2012).

El conocimiento en el ámbito de la I+D+i se contempla como información interiorizada por medio de la investigación, el estudio o la experiencia, que tiene valor para la organización (Kerssens-van Drongelen et al., 1996). En concreto la I+D+i tiene más que ver con el uso creativo del conocimiento y la recombinación de ideas existentes, que con la invención de un concepto totalmente nuevo (Hargadon, 2003). Además el conocimiento es un activo fundamental en la gestión de la I+D+i para obtener una mejor comprensión del entorno (interno y externo), proporcionando soporte a la toma de decisiones (Smith et al., 2014). En particular la conciencia de la existencia de problemas e ineficiencias es una de las principales fuerzas que impulsan la I+D+i. En este sentido, junto al conocimiento explícito, el conocimiento tácito desempeña un papel destacado como recurso de la empresa y tiene una influencia crucial en el éxito de sus procesos de I+D+i (Seidler-de Alwis, et al., 2003). Cuanto más implícitas (“tácitas”) son las formas de conocimiento, más importante (crucial) es su rol en los procesos de I+D+i (Hennala et al., 2011). La relevancia del papel del conocimiento tácito se ve amplificada por el hecho de que cuanto mayor es el dinamismo del entorno menos conocimiento se documenta en las BBDD (Auernhammer et al., 2003).

La I+D+i requiere de una KM bien planificada que permita a la empresa aprovechar sinergias basadas en el conocimiento, las cuales pueden limitar o dirigir su capacidad para tomar medidas de I+D+i, haciendo que aumenten sus posibilidades en este campo, diferenciándose

así de sus competidores (Liao et al., 2010). La KM necesaria para la I+D+i debe incidir en las siguientes áreas (McAdam, 2000): construcción, realización, difusión y aprovechamiento. Sin embargo la literatura empírica fracasa a la hora de articular claramente la relación entre KM e I+D+i (Gloet & Samson, 2013), y el control total del conocimiento se ve dificultado por la falta de modelos organizacionales precisos, y de políticas y tecnologías adecuadas. Por tales razones, es una necesidad primordial contar con tecnologías que permitan el intercambio, el acceso eficiente, y la interoperabilidad entre recursos de conocimiento (Diamantini et al., 2013). De hecho en una investigación cualitativa entre 16 organizaciones manufactureras y de servicios australianas con exitosas y robustas prácticas de I+D+i y KM se han identificado los siguientes factores facilitadores de la KM para apoyar a la I+D+i (Gloet & Samson, 2013): (i) prácticas formales e informales de KM; (ii) una sólida infraestructura TIC; (iii) acceso centralizado a la información de la organización; (iv) variedad de canales y medios para compartir conocimientos; (v) equipos y estructuras de comunicación y colaboración; (vi) programas de aprendizaje; y (vii) reconocimiento y recompensas para las contribuciones a la KM y a la I+D+i.

En relación con el nuevo paradigma de OI, la KM es fundamental debido a que los miembros de una VE trabajando en actividades de OI requieren una interacción continua, ya que necesitan compartir recursos comunes (Cristalli & Isidori, 2014). Por lo tanto existe una nueva necesidad a la hora de desarrollar y explotar innovaciones, que se basa en el uso de las entradas y salidas de conocimiento (lo cual implica acceder a conocimiento distribuido) para acelerar la I+D+i interna, y para encontrar nuevas posibilidades de explotación de las mismas en el mercado (Cristalli & Isidori, 2014). Además existe una clara relación entre el comportamiento a la hora de compartir el conocimiento en redes sociales internas de la compañía y el valor de las ideas generadas (Rötzel & Lohmann, 2014). Por todo ello se hace especialmente necesaria la monitorización y análisis de esta gran cantidad de datos disponibles (Smith et al., 2014). Sin embargo el acceso eficiente a los recursos del conocimiento se ve obstaculizado por problemas de interoperabilidad procedentes de la fragmentación y la heterogeneidad de los actores involucrados, sus datos, y los recursos de conocimiento (Smith et al., 2014).

Como conclusión se puede afirmar que es evidente que la KM juega un papel significativo en la I+D+i. Es importante entender la relación sistémica entre estos conceptos y el valor que puede generar dicha relación en la creación y el mantenimiento de ventajas competitivas sostenibles para las organizaciones (Plessis, 2007). Por otra parte, además de dar respuestas a los retos técnicos anteriormente expuestos, es esencial proporcionar los medios, en forma de esquemas de representación del conocimiento, y las normas sociales y de organización, para acomodar diferentes (y en frecuente conflicto) fuentes de conocimiento individuales en una única perspectiva (Adamides & Karacapilidis, 2006).

1.4.2.2 Papel de la Web Semántica en la gestión del conocimiento

Ya en 2006 Barceló Valenzuela y sus colegas (2006) ligaban el desarrollo futuro de la KM en las empresas a la mejora de los sistemas de almacenamiento y recuperación de la información generada diariamente, así como del desarrollo de las técnicas basadas en IA. Proponían el uso de la Web Semántica como principal alternativa de las empresas para facilitar la correcta clasificación de la información que generan, enriqueciéndola con contenido semántico y formal, y procesándola y convirtiéndola en conocimiento utilizable para tomar decisiones mediante la aplicación de técnicas de IA, brindando a la empresa ventajas competitivas. Para ello se requiere desarrollar ontologías y servicios para diferentes clases de información y agentes que las solicitan. El objetivo es poder trabajar con sistemas de información diferentes

tanto internos como externos a la empresas, y permitir que la tecnología se adapte a sus procesos (y no al revés), mediante el uso de ontologías empresariales personalizadas que faciliten a los sistemas trabajar de manera coordinada (Barceló Valenzuela et al., 2006). Estas afirmaciones siguen siendo válidas hoy en día ya que, al tratar cuestiones relacionadas con la gestión de la I+D+i (principalmente referidas a VE en entornos de OI), continúa afirmándose que las tecnologías semánticas pueden mejorar la integración de datos, proporcionando una conceptualización compartida común del dominio al que las fuentes se refieren (Smith et al., 2014). De hecho la Web Semántica se ha convertido en una tecnología habilitadora para los sistemas de KM (KMS, del inglés “*Knowledge Management Systems*”), permitiendo que varios grupos de ingenieros y usuarios del conocimiento (dentro o fuera de los límites de la empresa) puedan modelar y compartir los conocimientos de la organización (Lee et al., 2005)

La Web Semántica se desarrolla principalmente en el ámbito de la investigación, existiendo pocas empresas visionarias que aprovechan sus ventajas dado que la gran mayoría desconoce su potencial (Barceló Valenzuela et al., 2006). Como ejemplos más recientes (en el ámbito de la investigación) de aplicación de tecnologías de la Web Semántica a la KM merece la pena citar trabajos en los campos de estructuras de materiales (Premkumar, 2014), servicios multimedia (Lee et al., 2014), gestión del ciclo de vida de productos software (Chabot et al., 2014), redes sociales (Schatten, 2013), industria aeroespacial (Taymaz et al., 2013), etc.

Por último merece la pena destacar la creciente relevancia que están tomando las tecnologías de la Web Semántica a la hora de proporcionar soporte a la toma de decisiones (se han empleado desde 2005, pero de forma más generalizada desde 2012), pudiendo proporcionar soluciones a las necesidades de los sistemas de soporte a la decisión (DSS, del inglés “*Decision Support Systems*”), como interoperabilidad, integración y establecimiento de relaciones en la información (Blomqvist, 2014). Se pueden encontrar ejemplos recientes destacables de la aplicación de tecnologías de la Web Semántica como soporte a los DSS tanto en la mejora de determinados aspectos técnicos (Antunes et al., 2014; Corchero et al., 2014; Keskiä, 2014; Kim et al., 2014) como en dominios de aplicación específicos, principalmente el de la medicina (d'Aquin et al., 2013; Papageorgiou et al., 2013; Shah et al., 2014).

1.4.3 Tecnologías de la Web Semántica y gestión de la I+D+i

Para que las actividades de I+D+i se realicen de forma eficaz y eficiente es necesario manejar una gran cantidad de información. Los procesos de diseño e implantación del SiGIDi de una organización están influenciados, en gran medida, por las diferentes necesidades, objetivos particulares, productos fabricados, servicios prestados, procesos empleados, y el tamaño y estructura de la organización (EFQM, 2000). Por lo tanto una herramienta que permitiese gestionar de forma eficaz las actividades de I+D+i en una organización debería, al menos, permitir gestionar grandes cantidades de información heterogénea.

La I+D+i se basa en la utilización de conocimiento para ofrecer un nuevo producto o servicio (Nonaka & Takeuchi, 1995). De hecho una de las características del proceso de I+D+i es el uso continuo de información, datos y conocimiento así como su transformación y generación (AENOR, 2006c). Por otro lado el conocimiento representa el ingrediente clave de la tecnología y, por tanto, juega un papel crucial en el proceso de I+D+i (Alegre Vidal, 2004). En particular el conocimiento constituye una entrada fundamental para dicho proceso y, a su vez, constituye una salida, ya que los resultados del mismo pueden considerarse como nuevos conocimientos o combinaciones de conocimientos ya existentes. Por lo tanto la I+D+i es un proceso de creación de conocimiento cuyo ingrediente principal es el conocimiento

disponible, el cual necesita ser capitalizado y transferido a los trabajadores que participan en dicho proceso. Conviene del mismo modo indicar que dentro de las actividades de gestión de la I+D+i se encuentran distintos tipos de tomas de decisiones, tales como sobre qué tecnologías actuar, qué tipos de proyectos presentar, con qué socios contar, etc. En el punto anterior (apartado 1.4.2.2) se describe la importancia de las tecnologías de la Web Semántica en los DDS.

Tras constatar la estrecha relación existente entre la I+D+i y la KM, se puede aseverar que las tecnologías de la Web Semántica son idóneas para alcanzar los objetivos propuestos en la presente tesis doctoral. Los beneficios que se pueden obtener de aplicar las tecnologías de la Web Semántica en procesos concretos de la gestión de la I+D+i son numerosos. Por un lado, en el ámbito de la VT/IC en la última década se han estudiado las posibilidades que ofrecen las tecnologías de la Web Semántica, siendo su necesidad en este campo aún más crítica que en el caso del clásico BI (del inglés “*Business Intelligence*”) debido a que la información externa es más heterogénea y estructuralmente rica que la interna, y a que los responsables de la toma de decisiones necesitan comprender la nueva información en su propio contexto de conocimiento y razonamiento (Nemrava et al., 2008). Es interesante destacar, por ejemplo, que se han demostrado las ventajas que proporciona la búsqueda semántica para la VT/IC en campos como la biomedicina (Eisinger et al., 2014), o el éxito de las aplicaciones basadas en ontologías para el reúso de conocimiento en documentos científicos (Zhu, 2010).

En el campo de la gestión de ideas, ya en 2009 Riedl y sus colegas (2009b) destacaban las siguientes ventajas potenciales de la aplicación de tecnologías de la Web Semántica: (i) agrupación de ideas por similitud o afinidad; (ii) análisis de contribuyentes y contribuciones; (iii) integración de repositorios de ideas para la gestión de contenidos; (iv) integración de la información e intercambio de datos a través de herramientas y plataformas; (v) integración de redes sociales como herramientas de colaboración; y (vi) funciones avanzadas de gestión. Actualmente, como destacan Pérez y sus colegas (2013a), se hace especial hincapié en el soporte que las tecnologías de la Web Semántica pueden proporcionar a la gestión de la información, contribuyendo a mejorar, especialmente, las tareas de generación de ideas manteniendo toda la información estructurada en archivos electrónicos accesibles por cualquier persona desde cualquier lugar. Este mismo estudio señala que: (i) los agentes inteligentes pueden gestionar estos datos estructurados, para evitar la interacción humana directa, por ejemplo en la búsqueda de nuevas ideas; y (ii) también puede ser útil al complementar ideas propuestas con contenido que se encuentran automáticamente en repositorios externos e internos, mejorando las capacidades de gestión del conocimiento del IMS, al permitir vincular fácilmente la información pertinente a las ideas (Pérez et al., 2013b). Otras ventajas identificadas tradicionalmente de un enfoque basado en semántica para la representación de ideas son (Riedl et al., 2009b): (i) formaliza el concepto de una idea y sus aspectos asociados de una forma procesable computacionalmente y, al mismo tiempo, proporciona una visión no demasiado técnica, lo cual es compatible con la comprensión de la idea por agentes humanos; (ii) proporciona un modelo de datos que se puede extender fácilmente con otros conceptos, por ejemplo, para cumplir los requisitos de otras herramientas de software; (iii) proporciona los medios para integrar estructuras de datos heterogéneos (por ejemplo, se pueden asignar diferentes esquemas de calificación entre sí mediante la definición de las normas adecuadas); y (iv) se puede aplicar razonamiento semántico mediante la adición de los conocimientos previos sobre los conceptos (por ejemplo, si se formaliza que el reciclaje está relacionado con la protección del medio ambiente, entonces se puede subsumir fácilmente cada idea etiquetada con “reciclado” como idea también válida para la “protección del medio ambiente”).

En cuanto al desarrollo de las innovaciones, los modelos y métodos basados en ontologías permiten la representación asistida por ordenador de proyectos de I+D+i, además de servir para inferir y proporcionar conocimientos útiles para la aceleración de la I+D+i, asegurando mejores y más rápidas innovaciones (Bullinger et al., 2005). También en este campo es destacable la importancia que pueden llegar a tener las tecnologías de la Web Semántica en el ámbito de OI, para cuya adopción con éxito se consideran esenciales como infraestructura tecnológica de soporte (Carbone et al., 2010). En este sentido la principal consideración a tener en cuenta es que las tecnologías de la Web Social y de la Web Semántica son herramientas poderosas que pueden ser utilizadas para construir y mantener relaciones entre comunidades sociales dispersas, creando y ampliando así redes para producir sinergias a través de interacciones de usuarios (Stankovic et al., 2014). En relación al caso concreto de las VE, un estudio reciente de Edwards y sus colegas (2014) destaca que las tecnologías de la Web Semántica son cruciales como mecanismo para ayudar a los investigadores a gestionar la creciente complejidad de las áreas necesarias para llevar a cabo una investigación, proporcionando un marco común que permita la creación de aplicaciones inteligentes, integrables con recursos de información, personas y otros tipos de objetos. En general se considera que la Web Semántica constituye una plataforma prometedora para proporcionar soporte al trabajo colaborativo, pudiendo mejorar las aplicaciones que explotan contenidos generados por los usuarios (Mendoza et al., 2014), pero, sin embargo, presenta una serie de retos aún no resueltos, como el esfuerzo adicional que supone el proceso de integración (variedad de vocabularios para un mismo dominio, que los desarrolladores deben evaluar, seleccionar y combinar), las carencias (en estabilidad y tiempo de respuesta) de los motores de búsqueda semántica actuales, la necesidad de descartar información, y potenciales inconsistencias y falta de calidad en muchos data-sets.

Por último, en relación a la protección de los resultados de I+D+i, se considera que un procesamiento eficiente de la información procedente de las patentes basado en semántica podría mejorar la gestión del conocimiento, mejorando su análisis y facilitando el descubrimiento del conocimiento, optimizando así la gestión de la I+D+i (Bermúdez-Edo et al., 2013). Como ejemplo concreto merece la pena destacar el reciente trabajo de Moeller y Moehrle (2015) consistente en un método semiautomático para la búsqueda de patentes basado en similitudes semánticas cuyos resultados muestran que, aunque se trata de un método efectivo, sería necesario investigar en métodos basados en ontologías para su mejora.

Como puede verse, las tecnologías de la Web Semántica se antojan prometedoras como base para el soporte a la gestión de la I+D+i. Sin embargo, como se muestra a continuación, aparte de la existencia de retos tecnológicos, el potencial de estas tecnologías aún no se ha aprovechado en la gestión de la I+D+i o de sus procesos desde un punto de vista integrado (teniendo en cuenta el conocimiento de cada uno de los procesos que tienen influencia en los demás).

1.4.3.1 Casos de aplicación de tecnologías de la Web Semántica como soporte a los procesos de la I+D+i

A continuación se muestran los principales trabajos realizados en relación a la aplicación de tecnologías de la Web Semántica a la gestión de la I+D+i, priorizando los más recientes, pero incluyendo también trabajos clásicos destacados. Hasta el momento, en la mayoría de los casos se ha explorado la utilidad de estas tecnologías en procesos aislados, aunque también se han encontrado esfuerzos de investigación en su aplicabilidad en conjuntos de más de un proceso de gestión de la I+D+i. Paradójicamente se encuentra que la tendencia en el campo de la investigación no se dirige hacia el soporte a la gestión de la I+D+i desde un punto de

vista integrado, centrándose en aspectos de moda actualmente en el campo de la I+D+i, como son la cooperación, debido al fenómeno de la OI.

Tecnologías de la Web Semántica aplicadas a la VT/IC

En el campo de la VT/IC (apartado 1.2.2.3) predominan las investigaciones centradas en el soporte a la VT a través del desarrollo de sistemas inteligentes para la búsqueda y explotación de información científica. En esta línea, en primer lugar cabe destacar una aplicación de LD que utiliza un nuevo modelo de publicación semántica para explotar BBDD online de artículos científicos (Angrosh et al., 2014). Esta aplicación se basa en la elaboración de un marco conceptual para el modelado del contexto (en este caso el de citas) extraído de los artículos de investigación, y hace uso de la ontología *Sentence Context Ontology* para convertir la información extraída de los documentos en datos comprensibles. Además utiliza modelos probabilísticos condicionales para la identificación automática de contextos, y SPARQL para la recuperación de información. Todos estos elementos se integran en una aplicación basada en Web Semántica. En esta misma línea también destaca un sistema para la búsqueda semántica personalizada y la visualización interactiva de recursos científicos (conferencias, publicaciones, autores, etc.) alineado con los intereses del investigador, a partir del análisis de redes sociales y de microblogging (De Vocht et al., 2013). El interfaz se basa en tecnologías de la Web 2.0 (jQuery y Django), y las búsquedas utilizan LD como infraestructura para resolver el significado de las palabras clave, establecer relaciones entre ellas, y acceder a los recursos. Otro enfoque interesante analiza la estructura LD del servicio de información de I+D de la CE denominado CORDIS⁵³ (del inglés “*Community Research and Development Information Service*”), implementando un sistema basado en Web Semántica (empleando RDF) para analizar eficazmente la tendencias de I+D+i nacional y mundial (Kwon et al., 2014). Otra investigación destacable se centra en la búsqueda y síntesis de información procedente de distintos repositorios de documentos científicos en distintos formatos, basada en ontologías y análisis compuestos (Nguyen et al., 2012). El sistema proporciona interfaces para gestionar el conocimiento del dominio, permitiendo a los algoritmos identificar relaciones entre documentos y conceptos (autores, instituciones, áreas, etc.). También es relevante en esta línea el sistema para almacenar, proporcionar y gestionar información científica (biblioteca científica virtual) procedente de distintas fuentes, incluida Internet, mediante la aplicación de métodos semánticos en distintas fases del proceso presentado en (Gawrysiak et al., 2012). Se basa en la elaboración (manual o semi-automática) de la ontología *knowledge base ontology* (a través de la cual se definen los principales conceptos y sus relaciones, facilitando la interpretación de las consultas del usuario) y de un conjunto de ontologías del dominio que contienen el conocimiento de distintos campos científicos. Asimismo merece la pena desatacar la plataforma descrita en (Wróblewska et al., 2012), una plataforma experimental para acceder rápidamente a información científica relevante, teniendo en cuenta las necesidades cambiantes de los usuarios de la misma (estudiantes, editores, bibliotecarios, etc.). Como en el caso anterior, los distintos tipos de conocimiento almacenados se modelan a través de una ontología de sistema y varias ontologías del dominio. Un caso particular de este tipo de aplicaciones se encuentra en la incorporación de capacidades avanzadas de gestión de metadatos y de búsqueda de información en los clústeres de datos (de ciencias oceanográfica, hidrológica, genómica, social, etc.) proporcionados por el *DataNet Federation Consortium*, haciendo uso del proyecto HIVE⁵⁴, el cual proporciona una aproximación basada en LOD y escalable para la compartición de información científica (Conway et al., 2013). La semántica en este caso

⁵³ http://cordis.europa.eu/home_es.html

⁵⁴ <https://hive.apache.org/>

permite hacer traducciones entre vocabularios de distintas comunidades. Otro trabajo relevante relacionado con el soporte a la VT consiste en la aplicación de un modelo semántico y de la implementación de una extensión del vocabulario de micro-data *schema.org* en un observatorio Web (plataforma que permite a los investigadores acceder a, analizar y compartir información de la Web) (DiFranzo et al., 2014). Como parte del trabajo se desarrolló, además, la *Web Observatory Wiki*⁵⁵, basada en la plataforma *Semantic MediaWiki*⁵⁶. Por último, destaca un trabajo consistente en transformar la información del *Financial Transparency System*⁵⁷ de la CE (en formato HTML, CSV y XML), en el que se publica información sobre las ayudas a proyectos europeos (tipo, beneficiarios, presupuesto, etc.) a RDF y proporcionar enlaces con otras fuentes de información (Martin et al., 2014). Esta información pasará a formar parte del portal OD de la CE y, aunque su objetivo principal es mejorar la transparencia de la financiación de proyectos, esta información puede ser muy útil para la VT, al permitir un fácil acceso a la información de los proyectos.

Un aspecto que está adquiriendo cada vez más importancia en el campo de la IC es la asistencia en la búsqueda de patentes. Entre los trabajos más recientes destaca *GoPatents*, un prototipo para la búsqueda guiada de patentes por medio de la extracción y análisis de términos, categorización automática de patentes, y anotación automática con conceptos procedentes de ontologías de distintos dominios (Eisinger et al., 2014). Sin embargo la mayoría de las investigaciones se centran en la mejora de la explotación de la información científica y de negocio para proporcionar asistencia en la toma de decisiones. En esta línea merece la pena analizar la reciente investigación correspondiente al proyecto CUBIST del FP7, el cual combina la tradicional BI con las tecnologías de la Web Semántica a través de RFD y FCA (del inglés “*Formal Concept Analysis*”) (Dau & Andrews, 2014). La integración de tecnologías semánticas en este contexto permite proporcionar interfaces interactivas de visualización de conocimiento basado en el razonamiento analítico (en inglés “*Visual Analytics*”) para explorar dicho conocimiento, descubrir significados ocultos y resolver problemas. Incluye un caso de uso de IC que permite analizar las políticas de reclutamiento de personal de los competidores. También es relevante el desarrollo de una solución de IC para NEST (del inglés “*Newly Emerging Science & Technology*”) descrita en (Zhang et al., 2014), que combina métodos de minería bibliométrica y de texto (analizando publicaciones, patentes y aplicaciones) para explorar componentes tecnológicos y actores clave. Se centra en una aproximación semántica de la teoría TRIZ como herramienta para procesar información y generar patrones problema-solución a partir de tripletas para una mayor comprensión de las relaciones internas. Otro sistema destacable de análisis de IC para ayudar a la toma de decisiones y el desarrollo de estrategias para el desarrollo empresarial es el presentado en (Liu et al., 2011). Éste incorpora componentes semánticos (para análisis de contenidos y para proporcionar inteligencia al sistema), basados en RDF, para la construcción de una ontología del dominio de la IC, aplicada a la descripción de los recursos de IC. Por último merece la pena resaltar el que fue probablemente el primer intento de aplicar sistemáticamente tecnologías semánticas al campo de la IC, especialmente en el contexto de grandes clústeres de negocio, el cual consiste en un sistema de anotación semántica manual de informes de IC, a partir de ontologías desarrolladas por grupos de estudiantes, fusionadas en mapas de IC que permiten un fácil acceso tanto a los documentos originales como a las estructuras de conocimiento (Nemrava et al., 2008). Para ello se emplearon las herramientas *Ontopoly*

⁵⁵ http://wow.west.webobservatory.org/index.php/Main_Page

⁵⁶ <https://semantic-mediawiki.org/>

⁵⁷ http://ec.europa.eu/budget/fts/index_en.htm

(herramienta genérica para edición y navegación de ontologías *Topic Map*) y *Tovek Topic Mapper* (herramienta para anotación de textos basada en ontologías).

Tecnologías de la Web Semántica aplicadas a la gestión de recursos

Otro proceso de la gestión de la I+D+i en el que también se han aplicado las tecnologías de la Web Semántica es la gestión de recursos, si bien, en la mayoría de los casos, no específicamente para la I+D+i, sino para la gestión de competencias de forma genérica. En lo que se refiere a la gestión de recursos para I+D+i la tendencia actual a la colaboración posibilita la construcción de equipos virtuales, formados por personas de distintas organizaciones. En este campo destaca un método desarrollado para la formación de equipos virtuales basado en Web Semántica (SVTF, del inglés “*Semantic web-based Virtual Team Formation*”) (Wi et al., 2011). En él las personas (internas y externas) que solicitan su incorporación a un proyecto de I+D+i se modelan como entidades básicas y se realiza una evaluación de sus competencias en cuanto a conocimiento y colaboración. La información necesaria para evaluar dichas competencias se proporciona a través de un generador de redes sociales basadas en el conocimiento (para lo que se construyó un modelo ontológico de red social con OWL). Como soporte a la toma de decisiones el gestor de los equipos virtuales utiliza dichas redes sociales para obtener las competencias de los candidatos mediante la aplicación de un algoritmo genético. Por último, el miembro con la puntuación más alta en las competencias evaluadas es seleccionado como el jefe del equipo virtual.

Entre las investigaciones no directamente relacionadas con la gestión de recursos para I+D+i destaca un intento de mejorar la gestión de competencias en las organizaciones por medio de la aplicación de tecnologías de la Web Semántica y técnicas de computación inteligente (Gaeta et al., 2012). El objetivo es incrementar la frecuencia y disminuir los costes que conllevan los procesos de planificación de equipos de trabajo, gestión de formación y desarrollo de la carrera profesional. La capa semántica, consistente en una ontología construida ex profeso en lugar de importar la ya existente PLOC⁵⁸ (del inglés “*Professional Learning Ontology and Competencies*”), se utiliza principalmente para integrar y armonizar la información procedente de sistemas empresariales y otras fuentes Web 2.0 (wikis y blogs), para cuyo análisis se emplean técnicas de extracción de conocimiento y de *ontology matching*. En esta línea otra de las investigaciones recientes más relevantes se basa en la combinación del etiquetado semántico de personas (del inglés “*semantic people tagging*”), agregando información sobre sus competencias, con un editor colaborativo de ontologías para la mejora de sistemas de gestión de competencias, los cuales frecuentemente carecen de aceptación entre los empleados y utilizan información obsoleta (Braun et al., 2012). Otro ejemplo relevante del despliegue de tecnologías de la Web Semántica en el sector de los RRHH se basa en la demostración de la aplicación de dichas tecnologías en los sistemas de información y de gestión de contenidos existentes en las empresas para facilitar la búsqueda de competencias internas (Janev & Vraneš, 2010). Por último en esta línea destaca un marco de trabajo basado en el conocimiento para la gestión de capacidades y del talento, a través de la búsqueda automática de concordancias entre perfiles de candidatos y puestos de trabajo disponibles (Colucci et al., 2010). Se aplican tecnologías semánticas para hacer este proceso más flexible y eficiente, permitiendo expresar los requerimientos del ofertante en términos de restricciones duras y las blandas, proporcionando una función de clasificación de perfiles basada también en atributos cualitativos (la cual devuelve un ranking en lugar de un conjunto

⁵⁸ http://professional-learning.eu/competence_ontology

de candidatos), y motivando la puntuación obtenida de cada perfil seleccionado entre las solicitudes de empleo.

También merece la pena analizar investigaciones relevantes orientadas a la gestión de RRHH en sectores concretos, como *SemCASS*, una herramienta basada en tecnologías semánticas que proporciona información para el proceso de evaluación de competencias en proyectos de desarrollo de software. Esta información se obtiene a través de la aplicación de técnicas de PLN en los repositorios de los proyectos y de la recolección de evidencias relacionadas con las competencias a partir del uso de dispositivos móviles (Colomo-Palacios et al., 2010b). La herramienta *SemCASS* trata de mejorar la precisión y fiabilidad de las evaluaciones por medio de ontologías de competencias y razonamiento semántico. Este trabajo está en línea con otro realizado por miembros del mismo equipo, denominado *SeCEC-IT*, el cual consiste en una herramienta para la identificación de competencias a través de deducción automática, utilizando tecnologías semánticas, PLN y estándares para la representación de información de recursos humanos, como HR-XML⁵⁹ (Colomo-Palacios et al., 2010c).

Pero el soporte a la gestión de RRHH mediante tecnologías semánticas no es un campo nuevo de investigación. Entre las primeras investigaciones cabe destacar el sistema de gestión de competencias basado en ontologías descrito en (Draganidis, 2006) que proporciona mejoras en la planificación y gestión de la formación utilizando una ontología desarrollada como referencia, con el objetivo de mapear a los empleados y analizar habilidades y competencias no cubiertas en la organización a través de los objetos de aprendizaje más apropiados. Además se han realizado investigaciones en aspectos concretos de la Web Semántica, como es el caso de la metodología propuesta por Lau & Sure (2002) para el desarrollo de ontologías, para su aplicación en un sistema de gestión de capacidades basado en ontologías. Por último merece la pena solamente nombrar que las tecnologías de la Web Semántica en el campo de los RRHH también han sido aplicadas en la gestión de la formación para mejorar las competencias de los profesionales (Draganidis et al., 2008; Gjorgjevik et al., 2014).

Tecnologías de la Web Semántica aplicadas a la colaboración

En los últimos años el fenómeno de la OI ha provocado la proliferación de trabajos de investigación dirigidos a proporcionar soporte a la gestión de colaboraciones a través de tecnologías de la Web Semántica. En primer lugar destaca la metodología estructurada de trabajo en equipo basada en PLN y ontologías presentada en (Montelisciani et al., 2014) que permite cubrir el principal desafío que presenta el crowdsourcing, esto es, la identificación de las competencias necesarias para construir equipos colaborativos eficaces. Para esto se investigaron previamente los diferentes enfoques adoptados en el crowdsourcing y las principales características de los equipos que operan en estos contextos, y se realizó un caso de estudio en una plataforma de crowdsourcing de desarrollo propio. Otra aproximación interesante es el modelo basado en semántica para el soporte a la resolución de conflictos en el contexto de una VE propuesto en (Diamantini et al., 2014). El modelo parte de la premisa de que los socios comparten KPI de objetivos estratégicos (distintas organizaciones calculan el mismo KPI de diferentes formas) semánticamente relacionados, con el fin de realizar un proyecto de I+D+i. El modelo semántico desarrollado proporciona una representación expresiva capaz de profundizar en el significado de los indicadores, mapeando cada elemento del *Data Mart* con el correspondiente concepto de una ontología (la anotación se realiza tanto con técnicas manuales como automáticas), denominada *KPIOnto*, diseñada para desambiguar el significado de medidas, dimensiones y relaciones entre KPI. El modelo utiliza OWL2-RL

⁵⁹ <https://hr-xml.site-ym.com/>

para la representación descriptiva de los KPI, MathML u OpenMath para codificar sus definiciones matemáticas, Prolog para llevar a cabo los razonamientos y, como indicadores base, los 365 definidos en el proyecto BIVÉE (Cristalli & Isidori, 2014; Smith et al., 2014), el cual se analiza en profundidad más adelante, en la sub-sección “Tecnologías de la Web Semántica aplicadas a gestión integrada de varios procesos de la I+D+i”. También destaca un enfoque diferente consistente en un sistema Web de OI para la toma de decisiones y la colaboración entre agentes gubernamentales y ciudadanos, con el objetivo de cubrir el reto que supone la identificación en redes sociales de grupos dedicados a cuestiones similares a través de la identificación de objetivos utilizando LOD (Tossavainen et al., 2014). Para ello se ha diseñado la ontología SOCIA (del inglés “*Social Opinions and Concerns for Ideal Argumentation*”) (Shiramatsu et al., 2012), estructurando la información (almacenada en Virtuoso, en formato RDF, y utilizando SPARQL para su acceso) como una jerarquía de objetivos, y un método basado en agentes para calcular la similitud entre los mismos sobre la base de dicha estructura, la cual puede ser utilizada por distintos colaboradores para establecer consensos. Como uno de los primeros trabajos en este campo, merece la pena mencionar la ontología diseñada específicamente para OI descrita en (Meersman & Dillon, 2010). Paradójicamente, sus creadores señalan como principal ventaja que el nivel de instancia puede quedar oculto a socios industriales, que sean potenciales competidores. Esta ontología se basó en la evolución de ontologías de producto existentes, como *eClassOWL*⁶⁰, *PRONTO* (del inglés “*PRoduct ONTOlogy*”) (Vegetti et al., 2011), *SWOP*⁶¹ (del inglés “*Software Ontology Project*”) o *GoodRelations*⁶², con el propósito de llenar un vacío importante en el proceso de I+D+i.

El enfoque más común en el campo de la colaboración se centra en la recomendación de socios a partir del análisis de sus competencias. En primer lugar destaca el sistema de recomendación inteligente denominado *Smart BizSeeker* (Lu et al., 2013), para la búsqueda de socios de negocio relevantes de acuerdo a unas necesidades determinadas, basado en una aproximación de recomendación híbrida borrosa y semántica (HFSR, del inglés “*Hybrid Fuzzy Semantic Recommendation*”), la cual combina técnicas borrosas (semánticas y de filtrado colaborativo) de detección de similitud. Los resultados experimentales demuestran mejoras de esta aproximación híbrida respecto a la aproximación clásica basada en el filtrado colaborativo. En este sentido otra investigación relevante se encuentra en el portal *TasLab* (Shvaiko et al., 2010), el cual tiene como objetivo fomentar la colaboración en I+D+i entre distintos actores clave (usuarios finales, industrias y centros de investigación), facilitando a los líderes de un proyecto de I+D+i la búsqueda de competencias entre dichos actores para invitar a las organizaciones más adecuadas a participar en él. Para ello se utilizan distintos tipos de tecnologías semánticas: federación de ontologías en el dominio de las TIC, un sistema de preguntas-respuestas para la construcción semiautomática de ontologías, técnicas de PLN (para proporcionar descripciones semánticas a contenidos) e indexación y búsqueda semántica. La capa semántica se basa en un modelo híbrido que integra el tesoro multilingüe *Eurovoc*⁶³ con una ontología específica de dominio. La base de conocimiento se implementó de acuerdo con el estándar *SKOS*⁶⁴ (del inglés “*Simple Knowledge Organization System*”) de la W3C (convirtiendo *Eurovoc* a ese formato). Por último, para demostrar que no se trata de un campo de investigación nuevo, merece la pena destacar el sistema para mejorar la

⁶⁰ <http://www.heppnetz.de/projects/eclassowl/>

⁶¹ <http://theswo.sourceforge.net/>

⁶² <http://www.heppnetz.de/ontologies/goodrelations/v1.html>

⁶³ <http://eurovoc.europa.eu/drupal/?q=es>

⁶⁴ <http://www.w3.org/2004/02/skos/>

colaboración entre miembros de la misma o de distintas organizaciones, a través de la gestión del conocimiento relacionado con las competencias de los mismos presentado en (Podgorelec et al., 2007). Para ello se desarrollaron una ontología de dominio y otra con los perfiles de los investigadores, a partir de las cuales poder realizar anotaciones semánticas, integración de recursos de datos y búsquedas avanzadas.

En relación al soporte a la comunicación y el intercambio de conocimientos en las colaboraciones en actividades de I+D+i destaca, en primer lugar, el sistema propuesto en (Kamoun & Tazi, 2014) para el control de acceso dinámico e inteligente que permite el acceso protegido a diferentes recursos compartidos en situaciones complejas que se dan en el trabajo colaborativo. Para ello se propone un modelo de control de acceso semántico, gracias al cual se incorpora flexibilidad y consistencia a la aproximación RBAC (del inglés “*Role Based Access Control*”). Otro ejemplo relevante lo constituye una infraestructura wiki, denominada *CulturalWiki* (Valtolina et al., 2013), para sistemas de información basados en mapas que, a través de una ontología, define un modelo semántico capaz de minimizar los problemas relacionados con la comunicación entre comunidades interdisciplinarias, reuniendo información cultural procedente de distintas fuentes. De esta forma proporciona soporte la colaboración multicultural en proyectos relacionados con el patrimonio cultural. Como ejemplos de las primeras investigaciones en esta línea merece la pena destacar un conjunto de métodos y herramientas para el soporte al intercambio de conocimientos de I+D+i dentro de redes de empresas, mediante la aplicación del concepto de ontología híbrida (Kuczynski et al., 2006) y una ontología dirigida a dar soporte al intercambio de conocimientos entre individuos (Beales, 2004).

Tecnologías de la Web Semántica aplicadas a la creatividad

La creatividad es un campo prácticamente inexplorado en lo que al soporte a través de tecnologías de la Web Semántica se refiere. Sin embargo se encuentra un ejemplo relevante en el motor de búsqueda de recursos creativos denominado *Syzygy surfer* (Hendler, & Hugill, 2013), el cual combina analogías y la ambigüedad del lenguaje natural con la precisión de las tecnologías de la Web Semántica para producir resultados novedosos (pero no aleatorios) en las búsquedas.

Tecnologías de la Web Semántica aplicadas a la gestión de la PI

En este campo las investigaciones se centran fundamentalmente en el análisis de patentes. A diferencia de en el caso de la VT/IC el objetivo aquí no es la detección de tendencias, sino el descubrimiento de oportunidades para la protección de las innovaciones desarrolladas. En esta línea destaca, en primer lugar, el método para la extracción de información semántica de solicitudes de patentes propuesta en (de Carvalho et al., 2014), que permite comprobar la innovación incorporada en una nueva solicitud. Para ello realiza anotaciones semánticas en estructuras frasales, abstrayendo la información de la ontología del dominio, dotándola así de generalidad, y presentando la información en un formato *ontology-friendly*. El trabajo destaca la obtención de resultados prometedores en lo que se refiere a las capacidades de clasificación, pero identifica la necesidad de mejoras en las capacidades de extracción, eliminando falsos positivos. También es relevante el método para construir y poblar automáticamente ontologías a través de la indexación automática de códigos tecnológicos jerárquicos en categorías ontológicas descrito en (Bermúdez-Edo et al., 2013). El objetivo es enriquecer la información y gestionar el conocimiento procedente de repositorios de patentes, proporcionando nuevas relaciones, propiedades e información inferida. Para ello, este método permite procesar consultas en BBDD en formato XML y convertir estos ficheros en OWL a

través de los correspondientes ficheros XSL⁶⁵ (del inglés “*Extensible Stylesheet Language*”) y un procesador XSLT⁶⁶ (del inglés “*Extensible Stylesheet Language Transformations*”), y realizar razonamientos utilizando Pellet. Otro ejemplo relevante consiste en el sistema semántico para la gestión de la PI (SIPMS, del inglés “*Semantic-based Intellectual Property Management System*”) como soporte al análisis de patentes propuesto en (Wang & Cheung, 2011). Este sistema permite buscar documentos de patentes existentes relacionados (extrae los conceptos clave de los documentos y descubre las relaciones entre los conceptos a partir de la estructura sintáctica de los mismos) con un nuevo invento potencial, y proporciona relaciones y patrones entre grupos de documentos. El sistema también permite recuperar, clasificar de forma automática, capturar y compartir el conocimiento a partir de texto masivo no estructurado, bajo múltiples conceptos en diferentes niveles de abstracción a través de técnicas de análisis semántico y minería de texto. Por último merece la pena destacar uno de los primeros trabajos realizados en esta línea, denominado *PatClust* (Khelif et al., 2008), el cual consiste en la aplicación de tecnologías de la Web Semántica (RDF, SPARQL, etc.) para mejorar la agrupación de documentos de solicitud de patentes (solamente en el dominio biomédico) a través de la extracción automática de su alcance (proporcionando a cada término un peso, basado en su presencia en la patente y en todo el corpus) y la incorporación de las anotaciones semánticas correspondientes, estructurando y construyendo representaciones de dichos documentos.

Tecnologías de la Web Semántica aplicadas a la gestión de ideas

En el campo de la gestión de ideas de I+D+i como proceso independiente, paradójicamente, las tecnologías de la Web Semántica no se han aplicado con profusión. Sin embargo, como se ve más adelante en este mismo apartado, se han desarrollado enfoques sobre esta área en la aplicación de estas tecnologías en contextos de I+D+i en los que se tienen en cuenta varios procesos de forma integrada.

La solución más relevante desarrollada en este ámbito es la plataforma social colaborativa con capacidades de búsqueda semántica propuesta en (Westerski et al., 2010), que proporciona soporte al proceso de gestión de ideas. Debido a su estrecha relación con los objetivos de esta tesis doctoral, esta plataforma se analiza en profundidad. La plataforma está basada en el gestor de contenidos *Drupal*⁶⁷, y la colaboración se articula a través de blogs, wikis, herramientas gráficas y sistemas de votación, en el contexto de campañas de innovación, donde se definen temas, participantes y criterios de selección. La información de campañas e ideas se mapea automáticamente a formato RDF y se incorpora un *endpoint* a través de SPARQL, proporcionando interoperabilidad, posibilidad de búsquedas automáticas, explotación del significado semántico y de incorporar ideas a LD (Perez et al., 2013a). Para ello se utiliza como base la ontología GI2MO (del inglés “*Generic Idea and Innovation Management Ontology*”), basada en OWL y RDF, desarrollada en el marco del proyecto GI2MO⁶⁸ (Westerski et al., 2010), cuyo objetivo es modelar el proceso de I+D+i y sentar las bases para la gestión del conocimiento basado en la interconexión de los sistemas de la empresa y los activos de Internet para proporcionar soporte a la evaluación de ideas de I+D+i. Sin embargo, aunque GI2MO proporciona cobertura para la mayoría de las propiedades incluidas en un IMS, carece de mecanismos para capturar de manera explícita el conocimiento contextual de una idea (Pérez et al., 2013b). El modelado del domino se basa

⁶⁵ <http://www.w3.org/Style/XSL/>

⁶⁶ <http://www.w3.org/TR/xslt20/>

⁶⁷ <https://www.drupal.org/>

⁶⁸ <http://www.gi2mo.org/>

en información procedente de distintas fuentes (los IMS Dell IdeaStorm y myStarbucks, publicaciones, conferencias, etc.). De cara a los objetivos de la presente tesis doctoral es importante destacar los conceptos principales de la ontología: generación (título, resumen, fechas de creación y modificación, ficheros adjuntos, etc.), mejora (comentarios, puntuaciones de usuarios, versiones, etc.), selección (revisiones, métricas, análisis, evaluaciones, etc.), implementación (desarrollo del producto basado en la idea), y despliegue (coste, ROI, etc.) (Westerski et al., 2010). A esta ontología base se le añadieron clases y propiedades adicionales, introduciendo en el dominio información relativa a las campañas de innovación (Perez et al., 2013a). Para ello se facilitó la interconexión con sistemas internos (por ejemplo, sistemas de gestión de proyectos) y con ontologías de uso común, tales como: *FOAF*⁶⁹ (del inglés “*Friend of a Friend*”) para describir usuarios (el sistema realiza conexiones entre ideas a través de los perfiles de los usuarios, pero no tiene en cuenta sus capacidades), *Dcterms*⁷⁰ para propiedades genéricas como título y descripción, *DOAP*⁷¹ (del inglés “*Description of a Project*”) para implementación, y *SCOT* (del inglés “*Social Semantic Cloud of Tags*”) para mejora (Westerski et al., 2010). La solución trata de proporcionar información de contexto de la idea, sin embargo, aparte de la carencia de otra información contextual incorporada en el modelo propuesto en esta tesis doctoral (apartado 2.5.4), como información estratégica, de capacidades de los recursos, o de potenciales colaboradores, en la propia investigación se detecta la necesidad de mejorar la plataforma con información relacionada con otros procesos de I+D+i, como la VT/IC (Perez et al., 2013a). Con todo, la función de búsqueda se reduce a encontrar ideas relacionadas (que tuvieron éxito o fracasaron) para deducir el éxito de la idea presentada, y extraer métricas directamente de las ideas (viendo cuánto tiempo y esfuerzo supusieron). Por último es necesario destacar que la ontología presenta problemas de escalabilidad (Westerski et al., 2010).

Esta solución incorpora un modelo de búsqueda semántica, denominado Gi2SE (del inglés “*Generic Idea and Innovation Search Engine*”) (Poveda et al., 2012), basado en información contextual y relaciones entre los datos, el cual obtiene los mismos resultados que herramientas analíticas tradicionales, pero con importantes ahorros en tiempo y esfuerzo (respuestas más rápidas y actualizadas, consultas complejas del tipo “ideas con un número de aportaciones superior a 10 y que incluyen determinadas palabras”). Además su interfaz de usuario (similar a una búsqueda tradicional en un browser) proporciona una lista de resultados más “limpia”, en comparación con las búsquedas manuales (a través de teclado). El modelo también incluye un algoritmo para el mapeo RDF de la ontología GI2MO en una BD relacional (cada propiedad RDF mapeada se convierte en una entidad de la BD). Por último el sistema cuenta con un mecanismo automático para el descubrimiento de la similitud entre ideas basado en relaciones jerárquicas, a partir de la anotación de ideas, empleando métodos tradicionales de los IMS. Para ello se abordó la transformación de relaciones lingüísticas en ideas, en dos categorías: las que pueden identificarse a través de análisis textual (basado en conocimiento), y las que se identifican a través de interacciones entre usuarios (basadas en acción). Establecen cuatro áreas principales para evaluar ideas: causal (causa que propició la creación de la idea), tipo de innovación (radical, incremental, etc.), alcance (amplitud de la descripción, si plantea una solución completa, etc.), y objeto de la innovación (proceso, servicio, producto). Basándose en las anotaciones se establecieron una serie de métricas para facilitar la comparación de ideas (por ejemplo, completitud, nivel de detalle, originalidad, aptitud para el mercado, tangibilidad, amplitud del alcance, nivel de

⁶⁹ <http://www.foaf-project.org/>

⁷⁰ <http://dublincore.org/documents/dcmi-terms/>

⁷¹ <http://lov.okfn.org/dataset/lov/vocabs/doap>

cambios que propone si es una innovación incremental, impacto en otros productos, etc.) (Westerski et al., 2010). Como ha quedado patente, la solución proporciona soporte a la evaluación de ideas únicamente desde el punto de vista de su similitud con ideas presentadas en el pasado.

En esta misma línea merece la pena analizar otro ejemplo que también se centra en Web 2.0 y tecnologías de la Web Semántica (RDF) para transformar colaboraciones en conocimiento (Carbone et al., 2010). Este enfoque trata de fomentar la interacción para la creación de nuevas ideas y proporcionar soporte al proceso de decisión, tanto desde el punto de vista del evaluador, como del proponente, pudiendo integrar su idea con otras al descubrir propuestas similares. Las funcionalidades identificadas son: búsqueda y detección de los contenidos relacionados con el concepto (del inglés “*concept-related contents*”), y descubrimiento de intereses y de conocimientos personales. Para ello realiza comparaciones entre palabras clave de los textos, proporcionando una medida determinada por el número de términos comunes, y teniendo en cuenta la distancia sinonímica y semántica en la ontología a fin de establecer el grado de similitud. En relación con la anterior solución analizada, la propuesta de Carbone y sus colegas (2010) incorpora información sobre los conocimientos personales, si bien no los aplica a la hora de evaluar la viabilidad de una idea.

Mención especial merece la principal investigación de referencia (Rodríguez-García, 2014) tomada en esta tesis doctoral para afrontar la anotación semántica como parte del sistema de soporte semántico a la gestión de la I+D+i. Se trata de una tesis doctoral cuyo objetivo es el desarrollo de “*una nueva metodología de anotación semántica basada en ontologías que cubra todo el ciclo de vida de las anotaciones así como las posibles actualizaciones de los recursos*”. Uno de los escenarios de validación implementados se centró en el dominio de la I+D+i. En este escenario se desarrolló una aplicación que proporcionaba ideas similares a una dada en base a los documentos que las describen. A pesar de que este trabajo no tiene como objetivo prestar soporte al proceso de gestión de ideas y que, como en el resto de investigaciones existentes en la actualidad, no contempla el conocimiento procedente del resto de procesos del SiGIDi, se considera que la estrategia seguida para establecer las similitudes entre entidades es de gran interés como punto de partida para habilitar mecanismos que proporcionen el soporte integral propuesto en esta tesis doctoral. Por otra parte, el hecho de que el sistema en cuestión requiera de la introducción de documentos y de un proceso batch para actualizar semánticamente la estructura ontológica, resta operatividad en un entorno ágil, online y colaborativo como es el de la I+D+i.

Por último, en relación con los objetivos de la presente tesis doctoral, merece especial atención la ontología *Idea* (Riedl et al., 2009a; Riedl et al., 2009b), la cual, a pesar de ser la primera de sus características, incluye conceptos interesantes a tener en cuenta, utiliza OWL, y ya contemplaba aspectos para dar soporte al desarrollo colaborativo de ideas. Esta ontología proporciona un lenguaje común para fomentar la interoperabilidad entre herramientas y dar soporte al ciclo de vida de la idea. Incluye los siguientes aspectos: concepto básico de la idea (título, abstract y descripción); información de apoyo (documentos, pantallazos, diagramas, etc.); contexto de negocio (mercado, potenciales clientes y competidores, etc.) para evaluar la viabilidad de la idea, reutilizando la ontología *Enterprise Ontology*⁷²; estado (en curso, evaluada, rechazada, etc.); realización de la idea (productos y servicios resultantes); patentes y marcas comerciales (para proteger las innovaciones o para su explotación comercial); información de la comunidad online (blog, wiki, foros, posts, etc.), reutilizando la ontología

⁷² <http://www.aiai.ed.ac.uk/project/enterprise/enterprise/ontology.html>

SIOC⁷³ (del inglés “*Semantically-Interlinked Online Communities*”); etiquetado (muy popular en la comunidad online, y útil para la agrupación de ideas), reutilizando la ontología *Tag Ontology*⁷⁴; contribuciones (para identificar autores de ideas exitosas); valoraciones (a tener en cuenta en la evaluación de la idea), extendiendo la ontología *Ratings Ontology*⁷⁵; y conceptos genéricos, reutilizando la ontología FOAF. A pesar del interés que presenta la ontología propuesta, adolece de la inclusión de algunos tipos de conceptos ya identificados como carencia en los trabajos anteriormente analizados.

Tecnologías de la Web Semántica aplicadas a la gestión y desarrollo de la cartera de proyectos de I+D+i

En relación a la planificación de la cartera no existen ejemplos del uso de tecnologías semánticas en la selección de una óptima cartera de proyectos a partir de una serie de ideas evaluadas positivamente, tal y como se plantea en el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i en esta tesis doctoral (apartado 2.5.5.1), si bien se han aplicado profusamente otros tipos de tecnologías, como quedó patente en el apartado 1.2.3.2. Sin embargo existe un único ejemplo digno de mención, el cual, aunque no aplica tecnologías de la Web Semántica propiamente dichas (p. ej., ontologías), sí que incorpora análisis semántico de textos para la determinación de estructuras sujeto-acción-objeto como soporte a la construcción de un portfolio de proyectos de I+D+i, a partir de la determinación de tendencias por medio de la comparación de los problemas tecnológicos abordados en patentes y artículos de investigación (Kraslawski, 2006). A pesar de que no aplica tecnologías de la Web Semántica y no tiene en cuenta todos los criterios identificados en el apartado 1.2.2.5, merece la pena desatacarlo para dejar patentes la carencia de soluciones válidas en este campo.

En cambio, en el campo de la investigación sí se ha abordado la aplicación de tecnologías de la Web Semántica como soporte a la ejecución de proyectos de I+D+i, una vez seleccionada una cartera de proyectos adecuada. En este ámbito, como soporte a la fase de diseño del futuro producto, destaca el marco metodológico presentado por Batzias y Siontorou (2012) para la creación de ontologías del dominio específicas, en el que el producto objetivo se representa como un metamodelo que, al combinarse con el conocimiento científico relacionado con el mismo, permite la creación de un modelo de diseño de dicho producto. Este método consiste en una modificación del proceso SECI de Nonaka (Nonaka et al., 2000), el cual se basa en cuatro aspectos: (i) **Socialización**, para comunicar, compartir y difundir nuevos conocimientos; (ii) **Externalización**, para transformar en explícito el conocimiento tácito; (iii) **Combinación**, para convertir conocimiento modular en conjuntos de conocimiento explícito más complejos y sistemáticos; y (iv) **Internacionalización**, mediante el aprendizaje y compartición de conocimiento formal. La modificación propuesta radica en considerar la construcción de ontologías por un equipo de expertos como un sistema cibernético de segundo orden, en el que el equipo tiene el papel de observador / constructor y la entidad en construcción es la nueva ontología, siendo el observador un subsistema cibernético que construye un modelo para otro subsistema cibernético (el mundo real observado), y ambos se integran e interactúan dentro del mismo sistema (por definición, un esquema “cibernética de la cibernética”, una “meta-cibernética” o “cibernética de segundo orden”). Este esquema permite que el conocimiento sea utilizado para la representación y para el razonamiento a nivel funcional, no siendo simplemente una metodología de construcción de ontologías a través de un contexto de gestión de proyectos, sino un enfoque

⁷³ <http://rdfs.org/sioc/spec/>

⁷⁴ <http://www.holygoat.co.uk/projects/tags/>

⁷⁵ <http://www.tvblob.com/ratings>

ontológico para explorar las diversas entradas de conocimiento que requiere un producto. También como soporte a la fase de diseño, destaca el sistema propuesto en (Zanni-Merk et al., 2009) que aborda la organización de la I+D+i de una forma estructurada para incrementar el nivel de éxito en la solución de problemas inherentes a cualquier proceso de diseño de una invención. Este sistema se basa en la teoría TRIZ, la cual no se había implementado plenamente como un procedimiento metodológico. Este trabajo incluye una ontología con las principales nociones de los conceptos asociados a la adquisición de conocimientos, la cual, más allá de aportar mayor comprensión respecto a las nociones involucradas, supone la base de la arquitectura software que permite implementar el procedimiento para la adquisición de conocimientos y la formulación de problemas.

Otro campo interesante es el de la aplicación de tecnologías semánticas como soporte a la ejecución de proyectos, fundamentalmente en el contexto de la investigación. El primer trabajo destacado se trata de un VRE (del inglés “*Virtual Research Environment*”) denominado *ourSpaces* (Edwards et al., 2014), que hace uso de tecnologías de la Web Semántica para dar soporte a grupos de investigación multidisciplinares, facilitándoles la colaboración online a través de la compartición de información y artefactos digitales. Proporciona servicios para crear y editar información, metadatos y artefactos digitales, y para realizar consultas en lenguaje natural sobre ellos. También presenta mecanismos de colaboración social (etiquetado, blogs, estatus personal, mensajería instantánea), permitiendo incorporar de forma manual metadatos a todos ellos. Esta anotación manual supone la principal desventaja detectada, debido a la falta de disposición de los usuarios para proporcionar dichos metadatos. En segundo lugar, como soporte a la investigación clínica (por ejemplo, investigaciones sobre el cáncer), destaca el framework basado en el conocimiento descrito en (Seebode et al., 2013) para el análisis de información clínica procedente de fuentes estructuradas y expedientes clínicos, a través de la integración y procesamiento de grandes data-sets de información clínica, utilizando *Big Data* y su explotación semántica, proporcionando evidencias actualizadas que sirven de base a la investigación médica. El conocimiento se representa a través de ontologías desarrolladas por expertos del dominio, y el enriquecimiento semántico de las evidencias lo realizan aplicaciones específicas del dominio, donde los expertos identifican conceptos de la ontología en textos y los anotan utilizando RDF o OWL.

Por último también se ha profundizado en el campo de la investigación en la aplicación de tecnologías de la Web Semántica como soporte a la gestión de proyectos de I+D+i desde distintas perspectivas. Uno de los trabajos más conocidos en este ámbito es el sistema ODESeW (del inglés “*Semantic Web Portal based on WebODE Platform*”) (Corcho et al., 2006) para la creación de intranets y extranets de proyectos de I+D+i. Se trata de una plataforma para el desarrollo de aplicaciones de Web Semántica, utilizada con éxito en la creación de los portales semánticos de proyectos de I+D de la UE. Permite gestionar todo tipo de información sobre organizaciones involucradas en el proyecto, personas, reuniones, documentos y resultados, el progreso y la información de informes administrativos, etc. Por otra parte el coordinador del proyecto puede gestionar el progreso del proyecto mediante diferentes tipos de informes que se pueden mantener fácilmente (Gómez-Pérez et al., 2006). Otro ejemplo destacable en este sentido es el propuesto en (Colomo-Palacios et al., 2010a), que representa un enfoque novedoso respecto al resto de sistemas de soporte a la gestión de proyectos ya que se basa en la aplicación de las tecnologías semánticas principalmente como soporte a la elección de convocatorias de subvenciones de I+D, además de incluir otras funcionalidades de soporte. El sistema, denominado *RDi-Advise*, cuenta con las siguientes funcionalidades: (i) un mecanismo para la detección de coincidencias entre las competencias

y habilidades requeridas y las disponibles en la organización (a través de PLN); (ii) una interfaz con herramientas de gestión de RRHH, que facilita la comunicación de la información relacionada con la evaluación de los recursos; (iii) una interfaz con productos de gestión de proyectos, a las que proporciona elementos de gestión ricos, tales como la descomposición en competencias de una tarea; y (iv) un sistema de matching, que proporciona como resultado un consorcio objetivo y con los RRHH que participarían en él, utilizando como entrada la ontología de dominio (en formato OWL, sobre la que se aplican razonamientos basado en Jena) con los datos sobre las diferentes convocatorias objetivo y la información relativa a las competencias.

En línea con el anterior trabajo analizado también resulta interesante la aplicación de tecnologías de la Web Semántica para el soporte a las entidades financiadoras de la I+D+i a la hora de gestionar las subvenciones a investigadores. En este sentido, en primer lugar destaca el trabajo descrito en (Liu & Ma, 2010), que se centra en facilitar la gestión eficiente de los proyectos en las entidades financiadoras de I+D+i. Se proporciona soporte al intercambio de información de I+D+i, en diferentes lenguajes, entre investigadores y entidades financiadoras de diferentes nacionalidades. El resultado principal es una metodología basada en ontologías para el desarrollo de sistemas de gestión de proyectos de I+D+i con soporte multilingüe. Se basa en una ontología multilingüe que incluye los modelos de dominio, de aplicación, de usuario y lingüístico, como base para el procesamiento y compartición de información. En esta línea también destaca el enfoque propuesto en (Zhu, 2010), que pretende mejorar la eficiencia y eficacia del proceso de selección de proyectos, agrupando propuestas y asignando revisores, en función de las similitudes identificadas en distintas áreas de investigación. Para ello el trabajo se basa en la creación de: (i) un marco difuso bilingüe para el desarrollo de ontologías; (ii) una ontología difusa bilingüe específica que proporciona una representación formal y semánticamente rica del conocimiento del dominio; y (iii) un motor de inferencia difuso, definido y desarrollado para la construcción experta de ontologías, tendiendo un puente entre el espacio del documento, el espacio del concepto y el espacio del experto.

Tecnologías de la Web Semántica aplicadas a la explotación de resultados

Como sucede en otros procesos, prácticamente no existen evidencias de la aplicación de tecnologías de la Web Semántica al soporte en la diseminación y explotación de resultados de I+D+i, destacando un único trabajo consistente en un modelo de gestión y un conjunto de herramientas TIC relacionadas para el soporte a la explotación y transferencia de activos de conocimiento (Li & Chang, 2009). La solución integra un extractor de texto, un generador de diapositivas, un repositorio de conocimiento, un mecanismo de recuperación basado en el contenido, un motor de búsqueda habilitada por ontologías, y un mecanismo para la representación de los resultados de la búsqueda en forma de navegación visual.

Tecnologías de la Web Semántica aplicadas a la evaluación de resultados

Como en el caso anterior, en este ámbito destaca solamente una investigación, consistente en un servicio Web que utiliza conjuntos de datos representados en RDF con el fin de proporcionar soporte a la investigación química, en concreto a la cumplimentación de formularios de evaluación de riesgos (Borkum & Frey, 2014). Como en el caso de la gestión de ideas, en el siguiente punto se muestran más ejemplos de enfoques que proporcionan soporte a la evaluación, tanto de resultados como de las capacidades de I+D+i de una organización, desde un punto de vista integrado con otros procesos de la gestión de la I+D+i.

Tecnologías de la Web Semántica aplicadas a gestión integrada de varios procesos de la I+D+i

En relación al soporte a la gestión de la I+D+i desde el punto de vista de varios procesos integrados, en primer lugar, merece la pena destacar la primera aproximación realizada en este campo desde el ámbito de la investigación. Este enfoque, más integrado que los existentes en su día, es el denominado SIMS (del inglés “*Semantic Innovation Management System*”) (Ning et al., 2006), basado en el “embudo de la innovación”, en el cual la información de objetivos y equipos determinan las acciones a realizar, y la evaluación de los resultados de dichas acciones realimentan el proceso influyendo en el rediseño de los objetivos. La principal funcionalidad del sistema es la capacidad de plantear distintos tipos de preguntas sobre los procesos de I+D+i, por ejemplo: “¿en qué proyectos se utilizan robots de soldadura?”, “¿qué indicadores de rendimiento son los más comunes en la industria manufacturera?”, etc. En concreto SIMS presenta los siguientes módulos funcionales: (i) búsqueda, donde se pueden realizar búsquedas como las ejemplificadas; (ii) portal, el cual es un punto de entrada a diferentes embudos de innovación, donde los usuarios pueden entrar en un embudo específico para ver información detallada; (iii) informes, que proporciona agentes de búsqueda personalizados para recuperar la información de I+D+i que incumbe a los usuarios relacionados; y (iv) notificaciones, el cual utiliza tecnología *push* para proporcionar información emergente a los usuarios. La arquitectura del sistema combina las ontologías con inferencia y mediación, y está basado en RDF.

El trabajo que más se acerca a presentar una solución a los objetivos planteados en la presente tesis doctoral es el proyecto BIVÉE (del inglés “*Business Innovation in Virtual Enterprise Environments*”) (Cristalli & Isidori, 2014; Smith et al., 2014), por lo que se realiza un análisis en profundidad del mismo que concluye con una descripción de sus principales carencias respecto al modelo propuesto. Se trata de un proyecto de investigación cofinanciado por la CE, dentro del FP7, y que finalizó en 2013, consistente en una plataforma de conocimiento colectivo basada en semántica para dar soporte al desarrollo de iniciativas de I+D+i en un contexto empresarial, con un enfoque particular a VE, tratando de dar respuesta a los problemas de interoperabilidad procedentes de la fragmentación y la heterogeneidad de los actores involucrados, sus datos, información y recursos de conocimiento. El principal objetivo consiste en la implementación de métodos avanzados para impulsar la creatividad y la I+D+i con un enfoque de OI, y dar soporte a su implementación y al seguimiento de sus resultados. Los requisitos más importantes identificados en este aspecto fueron: administración de la colaboración en la VE, búsqueda de socios, invitaciones, gestión de reuniones, mecanismos de descubrimiento, gestión, análisis y aprobación / rechazo de ideas, monitorización y notificaciones. Se propone un ciclo de vida de la I+D+i compuesto por cuatro “olas” que se superponen parcialmente y evolucionan, y en donde los logros producidos se reportan en documentos que siguen la secuencia: (i) creatividad, la cual comienza con una idea de I+D+i o con un problema a resolver, descrito por una serie de documentos preliminares y con la creación de un equipo de I+D+i; (ii) viabilidad, la cual define el impacto e incluye una planificación refinada para justificar la inversión necesaria; (iii) prototipos, que implican la primera aplicación de las ideas iniciales, logrando un primer modelo de trabajo a gran escala que se prueba y se analiza para verificar su funcionamiento y características reales; y (iv) ingeniería, la cual tiene como objetivo la especificación de la versión final del nuevo producto listo para el mercado, y el proceso de producción correspondiente.

El principal resultado del proyecto es la plataforma BIVÉE (Isaja, 2014), una solución integrada que habilita la I+D+i empresarial en las VE (fundamentalmente de la industria

manufacturera). La plataforma consiste en un conjunto de aplicaciones modulares desplegadas en una plataforma de servicios *cloud-ready*, la cual proporciona una capa de BD, conocimientos, servicios y capacidades, y se compone de las siguientes herramientas: (i) MCR (del inglés “*Mission Control Room*”), que da soporte a la monitorización de las actividades de producción de valor; (ii) VIF (del inglés “*Virtual Innovation Factory*”), que da soporte a las actividades de I+D+i; (iii) PIKR (del inglés “*Production and Innovation Knowledge Repository*”), el cual es un repositorio virtual para proporcionar una vista unificada de todos los datos, información, conocimiento y recursos digitales; (iv) RDH (del inglés “*Raw Data Handler*”), que recopila KPI heterogéneos y los pone a disposición de las aplicaciones de forma comprensible; y (v) RDM (del inglés “*Raw Data Management*”), para la adquisición de los datos en bruto procedentes de distintos sistemas de la VE. La plataforma abarca tres fases principales, a saber:

- Seguimiento y Evaluación: se monitorizan y evalúan las actividades de las VE (procesos de producción y proyectos de I+D+i) por medio de KPI, que se calculan sobre datos de sensores obtenidos de fuentes heterogéneas (por ejemplo, diferentes departamentos de la empresa) y se homogenizan por medio de técnicas de reconciliación semánticas (Smith et al., 2014). Para ello el RDH captura e implementa los requisitos de bajo nivel de varios dominios de las VE, recogiendo KPI heterogéneos de datos en bruto de los miembros del ecosistema, y los hace disponibles y comprensibles para el resto de aplicaciones. El RDH se integra con el PIKR, el cual define la ontología *KPIOnto* para la mejora semántica de los datos en bruto, sirviendo como modelo para mantener continuamente sincronizado el esquema de datos específico de la BD SQL RDH-DS (Isaja, 2014). Además de la ontología *KPIOnto* (modelo conceptual global que proporciona una definición formal de los indicadores y sus propiedades, incluida la fórmula matemática que describe cómo calcular un indicador compuesto a partir de varios KPI), en el PIKR se incluyen funcionalidades de razonamiento. Así mismo se han desarrollado mecanismos de reescritura para transformar una consulta con el fin de adaptarse dinámicamente a los esquemas dimensionales de los repositorios subyacentes, proporcionando a los usuarios resultados agregados. Así, los mecanismos de consulta permiten obtener, en lugar del acceso a un único conjunto de datos, una visión más completa sobre ellos. Esto permite el desarrollo de un cuadro de mando que incluye un conjunto de funcionalidades avanzadas para el seguimiento y análisis de KPI, entre ellos, herramientas para supervisar la evaluación de las tendencias con respecto a un determinado indicador, funciones para la evaluación comparativa y la presentación de informes, y las comparaciones de rendimiento entre las empresas (Smith et al., 2014).
- Activación y desarrollo de ideas: el objetivo es identificar y centrarse en los problemas y oportunidades que necesitan una intervención disruptiva. La entrada principal está constituida por los resultados de la fase de seguimiento, pero también se incluye un crawler semántico que identifica los SMC (del inglés “*Semantic Media Content*”) considerados relevantes de acuerdo con las ontologías de dominio adoptadas, para proponer contenidos capaces de fomentar el pensamiento creativo y la resolución de problemas. Para ello se supone la disponibilidad de descripciones semánticas de los perfiles de los usuarios en forma de una colección de vectores OFV (del inglés “*Ontology Feature Vector*”), representando cuestiones de interés para el usuario (por ejemplo, un tema abierto identificado a través de la monitorización de producción, o una cuestión frecuente en los debates creados por el usuario). Así, los recursos anotados se analizan semánticamente y se hacen corresponder con perfiles de

usuario (Smith et al., 2014), sugiriendo a cada componente de la VE fragmentos de conocimiento para su uso (Smith & Taglino, 2014).

- **Co-Creación:** para la activación, desarrollo y co-creación de ideas a través de la herramienta VIF, un usuario puede proponer ideas y actualizar tanto su propuesta como otras ideas presentadas. La validación de ideas se lleva a cabo por un experto del dominio en base a un mecanismo de validación publicado previamente (Cristalli & Isidori, 2014). Las ideas se diseñan e implementan de manera colectiva, a través de herramientas de colaboración en las que las tecnologías semánticas proporcionan mejoras en la categorización, combinación y acceso al conocimiento (Smith et al., 2014). Para ello la plataforma proporciona funcionalidades que facilitan la OC, dan soporte al crowdsourcing y estimulan la colaboración, a saber (Cristalli & Isidori, 2014; Smith et al., 2014): (i) panel personal, donde se pueden consultar todas las notificaciones personales y la información del perfil, y usar el calendario; (ii) panel de ideas, donde es posible insertar una nueva idea (problema, título, descripción, etiquetas, documentos adjuntos, comentarios previos, grado de visibilidad), elegir si se quiere presentar la idea a un experto de dominio para su evaluación y puesta en marcha de un proyecto de I+D+i, o simplemente guardarla como borrador, compartiéndola sólo con los miembros seleccionados; (iii) espacio virtual abierto (pizarra compartida), donde se pueden publicar convocatorias abiertas y se pueden recolectar, compartir, discutir y evaluar ideas colaborativamente, incentivando la participación en estas acciones a través de mecanismos de premio y recompensa; (iv) herramientas colaborativas para la edición de documentos durante la ejecución de un proyecto de I+D+i, y para permitir la incorporación de información, comentarios y sugerencias a cualquier recurso compartido; (v) panel de proyectos de I+D+i, donde se puede entrar en la página específica de un proyecto en marcha, comprobar su estado, establecer el calendario, el *Gantt* y los miembros del proyecto, subir documentos, e insertar comentarios; y (vi) observatorio virtual, para disponer de información externa a la VE (iniciativas y tendencias de I+D+i), a través de distintas fuentes (red social, crawler semántico, ecosistema de negocios, o Internet). En relación a esta fase se sugieren varios casos de uso (Smith & Taglino, 2014): cuando se propone un tema para la generación de ideas en la pizarra, se analiza semánticamente con el PIKR cada comentario y propuesta de solución, pudiendo los participantes refinar las anotaciones propuestas; cuando varios participantes están trabajando en la pizarra se pueden buscar recursos de conocimiento y asociarlos; cuando se propone una idea, para desarrollarla más profundamente, se pueden hacer búsquedas acerca de ideas similares propuestas en el pasado y de recursos de conocimiento relacionados; en el desarrollo de ideas se pueden hacer búsquedas semánticas en anteriores proyectos de I+D+i, ideas y soluciones a problemas y, seleccionando un SMC (por ejemplo, un post), se pueden proponer nuevas búsquedas para encontrar nuevos recursos de conocimiento; cuando un usuario añade un artículo el sistema sugiere contenidos similares e incluso proporciona alertas sobre contenidos repetidos; todas las búsquedas se pueden refinar seleccionando un repositorio o el tipo de recursos (ideas, discusiones abiertas, etc.).

Papel de las tecnologías de la Web Semántica en el proyecto BIVÉE

La principal función de las tecnologías semánticas es dar soporte a los sistemas de conocimiento colectivos para (Smith et al., 2014): (i) el enriquecimiento de contenidos generados por los usuarios con datos estructurados, con el fin de mejorar la explotación del conocimiento originado a través de interacciones sociales en entornos virtuales; y (ii) permitir la interoperabilidad entre aplicaciones, con el fin de facilitar la integración de la información.

La herramienta que proporciona este soporte semántico es PIKR, a través de la cual se habilita el intercambio de conocimiento entre las diferentes herramientas, el acceso inteligente y la organización de ese conocimiento, así como la interoperabilidad entre los miembros de la VE. La herramienta PIKR proporciona los siguientes servicios de referencia:

- Ingeniería del conocimiento colaborativo: marco de trabajo colaborativo para el soporte a la construcción de ontologías de un dominio compartido y acordado dentro de las organizaciones participantes. Se basa en un proceso iterativo e incremental, con el apoyo de una plataforma software construida sobre una wiki semántica, que facilita a los ingenieros de conocimiento, expertos del dominio, y las partes interesadas de la ontología cooperar para: (i) producir modelos conceptuales y llegar a un consenso sobre su idoneidad con respecto al dominio de aplicación; y (ii) garantizar una codificación formal sobre una ontología computacional. Dependiendo de los requisitos particulares, la salida puede ser una ontología OWL, o una red enriquecida semánticamente (de acuerdo con el estándar SKOS).
- Representación de recursos informativos basada en ontologías: PIKR se organiza como una federación de ontologías de referencia que se utilizan principalmente para enriquecer semánticamente cualquier tipo de artefacto tangible e intangible en el ámbito de una VE. Estas ontologías se dividen en: (i) ontologías de recursos de conocimiento, independientes de cualquier dominio de aplicación, que proporcionan los medios para la representación de los principales recursos de conocimiento (por ejemplo, perfiles de los miembros / competencias, procesos de negocio, informes, indicadores de rendimiento); y (ii) ontologías específicas del dominio, que proporcionan la semántica de un escenario de negocio concreto.
- Acceso semántico y procesamiento del conocimiento: PIKR hace uso de la representación del conocimiento basado en ontologías con el fin de proporcionar servicios semánticos avanzados para la armonización de datos, la búsqueda y recuperación de información, y la verificación de reglas de negocio. Entre ellos destaca un motor de similitud que, aplicando el método SemSim⁷⁶, permite: (i) búsquedas impulsadas por conceptos; (ii) recomendación de contenidos a los usuarios, haciendo coincidir sus perfiles con los recursos anotados; y (iii) la correlación de fragmentos de conocimiento sobre la base de su afinidad semántica. Estos servicios se aplican fundamentalmente en la fase de co-creación, donde se proporcionan los siguientes tipos de mecanismos (Smith et al., 2014):
 - o Clasificación de conocimiento: para organizar recursos documentales en base a las ontologías de referencia y gestionar información textual no estructurada, clasificando los documentos y mensajes de acuerdo a temas en el ámbito de la VE. Se trata de un procedimiento de clasificación semiautomática donde se analiza el contenido textual de acuerdo a un enfoque frecuencia-plazo ponderado. El clasificador utiliza una colección de modelos de entrenamiento, donde cada concepto tiene asociado: (i) un conjunto de términos ponderados (características), obtenidos mediante el análisis de su descripción en lenguaje natural; (ii) las relaciones en las que participa; y (iii) los conceptos que especializa. Para la clasificación del contenido textual se extrae automáticamente del mismo un conjunto de frases clave mediante la aplicación de técnicas estadísticas. Entonces, se evalúa la relevancia del documento con respecto a las ontologías de dominio, haciendo coincidir las

⁷⁶ <http://sbp.bhi.washington.edu/projects/semsim>

características de los conceptos con las frases extraídas. La salida está constituida por un OFV que habilita el uso de técnicas de procesamiento semántico.

- Recuperación de conocimiento: para buscar y compartir contenidos con el fin de aprender de experiencias anteriores, reutilizar resultados pasados, y evitar la repetición de errores. Para ello se utiliza el motor de búsqueda descrito anteriormente, permitiendo que los usuarios cuenten con un servicio de búsqueda basada en palabras clave o, como alternativa, se pueden formular automáticamente solicitudes de búsqueda focalizadas mediante la selección de un determinado recurso (por ejemplo, un post) y usando el vector de características asociadas como entrada de la consulta para encontrar los recursos de conocimiento relacionados.
- Combinación de conocimientos: para dar soporte a un grupo de usuarios que trabajan en un tema determinado (por ejemplo, el desarrollo de una idea), sugiriendo automáticamente recursos (posiblemente externos) de conocimiento relacionados (soluciones técnicas, patentes, etc.).

Por último, para conseguir una gestión más eficaz de los SMC, también se proporcionan mecanismos de enriquecimiento semántico de dichos contenidos, construyendo una representación semántica de todo el conocimiento colectivo mantenido en la VE. Para ello los SMC se envían al PIKR para su análisis y anotación semántica a través del front-end de la plataforma. La anotación (automática, pero que puede validarse y mejorarse manualmente por los usuarios) se representa a través de OFV, es decir, un conjunto ordenado de URI de conceptos definidos en la ontología de referencia (Smith & Taglino, 2014).

Diferencias del proyecto BIVEE respecto a la investigación propuesta

En primer lugar el proyecto BIVEE se centra fundamentalmente en la industria manufacturera, lo cual restringe su campo de actuación. Una visión más amplia, como la propuesta en esta tesis doctoral, que incluya, entre otros, el ámbito tecnológico, daría lugar a la apertura dentro de una empresa de nuevos campos de actuación, relacionados, por ejemplo, con nuevas tecnologías. De esta forma el modelo propuesto en la presente investigación (Capítulo 2) plantea una diferencia fundamental, al habilitar la posibilidad de modificar la estrategia de I+D+i, e incluso la de la organización (apartado 2.5.1), en base al análisis de información del entorno exterior o a la evaluación de los resultados de I+D+i. Este aspecto se ve reforzado por el hecho de que el proceso de I+D+i propuesto en el proyecto BIVEE se restringe al ámbito de los procesos operativos de I+D+i (apartado 1.2.2.5) y la creatividad, lo cual también es una diferencia básica respecto al modelo propuesto en esta tesis doctoral, en la cual se abarca el proceso completo de la gestión de la I+D+i. Sin salir del ámbito estratégico, BIVEE tiene en cuenta información estratégica de las empresas (gestión de la empresa, desarrollo de productos, cadena de suministro, integración y gestión de la relación con los clientes) para alinear a varias empresas a la hora de formar una VE y elaborar la estrategia y objetivos comunes de dicha VE. Sin embargo, como se ha explicado, no contempla una estrategia de I+D+i en la que se puedan explorar nuevos campos en una empresa, centrándose, por lo tanto, en innovaciones sobre objetivos actuales de las empresas.

En este sentido BIVEE se centra en el entorno de las VE, no contemplando el caso de innovaciones individuales o, como es el caso más común, innovaciones que surgen de una necesidad individual y se complementan con determinadas colaboraciones. Por lo tanto el objetivo general está marcado de antemano, a diferencia del modelo propuesto en esta tesis doctoral, en el que determinados procesos de la gestión de la I+D+i influyen a la hora de determinar las estrategias y objetivos de I+D+i.

En relación con el proceso de VT/IC, BIVÉE proporciona un crawler que busca información en el exterior (a partir de OD), proporcionando información relativa a contenidos subidos a la plataforma, a conceptos en el perfil del usuario, o a contenidos relacionados con la creatividad. Estos contenidos pueden ser tecnológicos, o de mercado, y pueden ayudar a definir la estrategia y objetivos de la VE, al formarse ésta. Sin embargo, aparte de las consideraciones anteriormente expuestas, no contempla un proceso de VT/IC formal, en el que se definan objetivos, estrategias y mecanismos para la recogida, análisis y explotación de la información. BIVÉE propone mecanismos “proactivos” automáticos para simplemente sugerir contenidos potencialmente relevantes, sin tener en cuenta que el proceso de VT/IC requiere la intervención del factor humano, aportando su conocimiento, experiencia, percepción, etc., como se vio en el apartado 1.4.1.

En relación a la gestión de ideas, BIVÉE proporciona información de proyectos e ideas pasadas como soporte al enriquecimiento de nuevas ideas presentadas, pero no tiene en cuenta la información estratégica de I+D+i de la compañía (por ejemplo, alguien puede presentar una idea que no tenga antecedentes, pero que esté alineada con la nueva estrategia de I+D+i de la compañía). Así mismo no propone socios útiles fuera de la VE, sino que evalúa las capacidades de los componentes de la misma. De la misma forma proporciona información relativa a las competencias de los miembros de la VE, pero al estar la idea ceñida a un objetivo concreto predeterminado, no contempla las competencias existentes en la empresa como factor que pueda abrir posibles nuevos campos potenciales de actuación. Por último también incorpora, como se ha mencionado, información externa para complementar el desarrollo de ideas, pero al no proceder de un proceso de VT/IC formal, no se garantiza la idoneidad de los mismos. En el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i, la gestión de ideas (apartado 2.5.4) se ve determinada por una estrategia de I+D+i en la que se podría estipular la exploración de nuevos campos tecnológicos o de mercado relacionados con la misión y visión de la organización. De este modo se podría realizar la VT/IC en base al descubrimiento de dichos campos, obteniendo información de valor para la gestión de ideas no directamente relacionada con la estrategia actual de la empresa, y se tendrían en cuenta capacidades del personal relacionadas con nuevos campos de actuación potenciales. Por último se podría mejorar una idea en fase de elaboración mediante la propuesta de socios relevantes, alineados con el conocimiento de la organización o para complementar al mismo, tanto en el ámbito actual de actuación de la empresa como en nuevos ámbitos, siendo un factor relevante también de cara a la evaluación de una idea.

También se encuentran otras diferencias entre el proyecto BIVÉE y el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i en esta tesis doctoral. En primer lugar BIVÉE contempla la evaluación de resultados derivados de las ideas propuestas, pero no de los procesos de la gestión de la I+D+i (cuyo diseño es fijo), por lo tanto no incluye la mejora continua, ni contempla la posibilidad de rediseño de sus procesos, mientras que el modelo propuesto supone un mecanismo flexible para gestionar la I+D+i en una organización. BIVÉE tampoco cubre la protección de resultados de I+D+i, si bien incluye información de patentes. Por último no es un mecanismo adecuado para la certificación de las actividades de I+D+i de una organización en base a los estándares existentes, al contrario que el modelo propuesto.

A partir de los trabajos científicos analizados puede comprobarse que la aplicación de tecnologías de la Web Semántica en el soporte a la gestión de la I+D+i es un campo de investigación que ha ido adquiriendo importancia en la última década. Si bien los casos no son tan numerosos como en otras disciplinas, sí que se puede apreciar una creciente profusión de investigaciones en esta área en los últimos años. También queda patente que los

principales esfuerzos se centran en proporcionar soporte a procesos (o únicamente a actividades) independientes de la gestión de la I+D+i, siendo muy escasos los trabajos realizados como soporte al proceso integrado de dicha de gestión. Sin embargo los resultados obtenidos en las investigaciones realizadas, a pesar de mostrar limitaciones en muchos casos, muestran resultados prometedores y demuestran el potencial que supone la aplicación de tecnologías semánticas en este ámbito. En relación al soporte integral a la gestión de la I+D+i, la mayoría de las investigaciones que proponen entre sus objetivos dicho enfoque integral, en realidad se centran en procesos independientes. Aunque se han encontrado ejemplos que sí proporcionan un enfoque integrado, se ha visto que en ningún caso contemplan todos los procesos propios de la gestión de la I+D+i, lo cual resta riqueza a los resultados obtenidos. Desde el punto de vista del proceso central de la I+D+i (y de esta tesis doctoral), es decir, el de la gestión de ideas, las investigaciones adolecen principalmente de la integración con el resto de procesos relevantes para el mismo, aunque sí se ha podido apreciar un acercamiento a esta aproximación en los trabajos que tratan de proporcionar soporte a una gestión integral de la I+D+i. En este sentido también merece la pena destacar que en la mayoría de las investigaciones, la visión de la I+D+i se reduce únicamente a los procesos operativos de la misma. Desde el punto de vista técnico es destacable el amplio abanico de distintas aproximaciones que se abordan, suponiendo una rica fuente de conocimiento para la presente investigación. Por último resulta sorprendente que muchos de los trabajos realizados, incluso los más recientes, se basan en el empleo de RDF (en lugar de OWL) como lenguaje principal para la construcción de ontologías, el cual no es lo suficientemente expresivo para modelar estructuras complejas, como las clases y las relaciones complejas características de las expresiones semánticas (Riedl et al., 2009a).

1.5 Conclusiones

En el presente capítulo ha quedado patente que la I+D+i tiene actualmente una importancia crucial para el éxito y la supervivencia de las organizaciones, aunque también tiene asociados numerosos riesgos y dificultades (apartado 1.2.1.2). Para hacer frente a estos riesgos y dificultades se ha visto la utilidad de aplicar un proceso de gestión de la I+D+i como soporte a la I+D+i organizacional por medio de la implantación de un SiGIDi (apartado 1.2.1.3). En este sentido se han analizado diversas propuestas metodológicas llegando a la conclusión de que las más útiles y relevantes se encuentran en las normas europea (CEN, 2013) y española (AENOR, 2014) para la gestión de la I+D+i, y de la conveniencia de tener en cuenta también la normativa aplicada a la gestión de la VT/IC (AENOR, 2011) (apartado 1.2.1.3). También se han analizado de forma general los distintos procesos que intervienen en la gestión de la I+D+i, justificando la necesidad de gestionar distintos elementos estratégicos, analíticos, de soporte, operativos y de evaluación y mejora, y viendo como estos procesos presentan numerosas interrelaciones entre ellos (apartado 1.2.2).

Asimismo se ha demostrado la necesidad de proporcionar soporte a la gestión de la I+D+i a través de las TIC, necesidad no cubierta en la actualidad (apartado 1.2.3). En este sentido se han analizado los principales productos y tecnologías aplicados en el ámbito de la investigación a tratar de proporcionar dicho soporte, haciendo especial hincapié en los relacionados con la gestión de ideas, y viendo que no se proporciona ni un soporte integrado a la gestión de la I+D+i, ni un soporte inteligente a la toma de decisiones, vislumbrándose la viabilidad de la aplicación de las tecnologías de la Web Semántica para alcanzar este objetivo (apartado 1.2.3). Por ello se han analizado en detalle dichas tecnologías, incluyendo los principales instrumentos, metodologías, lenguajes, razonadores, y mecanismos existentes (apartado 1.3).

Posteriormente se ha profundizado en las carencias, retos, problemas y necesidades existentes a la hora de poder gestionar la I+D+i de forma óptima (apartado 1.4.1), de los cuales se deriva la necesidad de una adecuada implementación de la KM (apartado 1.4.2.1). En este sentido se ha demostrado la idoneidad de las tecnologías de la Web Semántica a la hora de proporcionar soporte a la gestión de la I+D+i a través de la gestión integral del conocimiento (apartado 1.4.2). Por todo esto se ha realizado un análisis profundo de los trabajos de investigación llevados a cabo en relación a la aplicación de tecnologías semánticas en el soporte a la gestión de la I+D+i, haciendo especial hincapié en el proceso de gestión de ideas, analizando los puntos fuertes y problemas que dichos trabajos presentan, y quedando patente la carencia de una solución que proporcione un enfoque integral a dicha gestión, tanto a la hora de gestionar la I+D+i en su conjunto, como en lo que se refiere al proceso de gestión de ideas (apartado 1.4.3.1).

Por último es necesario destacar que se ha demostrado que la gestión de ideas es el proceso central de la I+D+i, viéndose como frecuentemente se identifica a este proceso como “proceso de la I+D+i”, y como la mayoría de metodologías propuestas para la gestión de la I+D+i y los productos comerciales existentes para su soporte se centran en él, o lo incluyen como parte fundamental. Sin embargo, también ha quedado patente que actualmente se trata del proceso que presenta mayores retos y dificultades, para los que es necesario aportar soluciones. Así mismo, si bien las tecnologías de la Web Semántica no han sido aplicadas con profusión a proporcionar soporte al proceso de gestión de ideas, muchas de las investigaciones relacionadas, tanto con la aplicación de éstas como de otros tipos de tecnologías, se orientan (aunque sea indirectamente) a dicho soporte. Como justificación a esta última afirmación cabe destacar que, aunque la mayoría de los trabajos se centran en otros tipos de procesos de forma aislada, usualmente sus objetivos giran en torno a proporcionar algún tipo de información (de VT/IC, patentes, competencias, colaboración, etc.) útil a tener en cuenta a la hora de generar y evaluar ideas de I+D+i.

Por lo tanto, en relación con los objetivos principales de la presente tesis doctoral, identificados en el Capítulo 1, cabe destacar las siguientes conclusiones fundamentales extraídas del estudio del estado del arte realizado:

- (i) A pesar de la importancia que tiene la I+D+i para la competitividad y la productividad de las organizaciones, existen numerosos riesgos y dificultades asociados a ella.
- (ii) La aplicación de un proceso de gestión de la I+D+i mediante la implantación de un SiGIDi es esencial para aprovechar al máximo las ventajas que la I+D+i proporciona, minimizando los riesgos que conlleva.
- (iii) No existe actualmente ningún marco metodológico que afronte la gestión de la I+D+i desde un punto de vista integrado. Sin embargo recientemente se han desarrollado una serie de normas (nacionales e internacionales) para la gestión de la I+D+i y de la VT/IC, las cuales suponen un interesante punto de partida para la construcción de un modelo integrado y concreto para la gestión de la I+D+i que habilite el desarrollo de soluciones computacionales para su soporte.
- (iv) Se ha constatado la necesidad de gestionar distintos elementos estratégicos, analíticos, de soporte, operativos y de evaluación y mejora de la I+D+i. Así mismo han quedado patentes las numerosas interrelaciones y flujos de conocimiento existentes entre estos procesos.
- (v) Debido a la complejidad que esto supone, es necesario proporcionar un soporte automatizado e inteligente a la gestión de la I+D+i, basada en una gestión óptima

- del conocimiento, tanto de la propia organización, como de los entornos tecnológico y de mercado.
- (vi) Esta necesidad no está cubierta en la actualidad, ni por los productos comerciales existentes, ni a través de los distintos esfuerzos llevados a cabo en el campo de la investigación.
 - (vii) La gestión de ideas constituye el proceso central de la gestión de la I+D+i. Sin embargo es el proceso cuya gestión presenta más dificultades.
 - (viii) La misma consideración que se hace en (vi) en referencia a la gestión de la I+D+i es válida para el proceso de gestión de ideas, ya que las soluciones existentes para el soporte a dicha gestión no contemplan las interrelaciones y flujos de conocimiento existentes con otros procesos del SiGIDi,
 - (ix) A través del análisis de las tecnologías de la Web Semántica se ha visto el potencial de las mismas para cubrir las carencias anteriores.
 - (x) Las tecnologías de la Web Semántica no han sido aplicadas ni a la gestión de la I+D+i en general, ni a la gestión de ideas en particular, de forma que se gestionen de forma adecuada las interrelaciones y flujos de conocimiento necesarios para poder proporcionar un soporte inteligente adecuado a esta gestión.

Capítulo 2. Modelo propuesto para la gestión de la I+D+i

2.1 Introducción

En el presente capítulo se explica el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i. Este modelo tiene como objetivo optimizar los procesos de I+D+i (en torno a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i como proceso central), a través de la gestión integral del conocimiento. Este modelo debe ser lo suficientemente concreto como para habilitar su incorporación en sistemas computacionales, pero a la vez ha de ser lo suficientemente flexible como para permitir reflejar las características e intereses de cada organización, los cuales, a su vez, son cambiantes en el tiempo. Por ello una adecuada implantación del modelo propuesto (Capítulo 3) permitirá, a su vez, prestar soporte automatizado a la gestión integrada de las actividades de la I+D+i en las organizaciones, de forma individual o colaborativa, y optimizar la gestión del conocimiento necesario para dicha gestión, a través mecanismos de soporte inteligente, proporcionando de forma proactiva el conocimiento necesario para su óptima gestión y consecución de resultados que proporcionen ventajas competitivas a las organizaciones.

El modelo propuesto abarca todos los procesos de la gestión de la I+D+i de forma no lineal, tomando como proceso central el de gestión de ideas, debido a que, cómo se ha visto en el Capítulo 1, la gestión de ideas constituye proceso central de la I+D+i, y se trata del proceso que presenta mayores retos y dificultades, para los que en esta tesis doctoral se pretende proporcionar soluciones a través de la aplicación de tecnologías de la Web Semántica.

Para describir el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i, en el presente capítulo se presenta, en primer lugar, la metodología que se ha seguido para poder llegar a las decisiones adoptadas (apartado 2.2). A continuación se presenta la organización que sigue la descripción del modelo propuesto, de cara a facilitar su comprensión (apartado 2.3). También de cara a facilitar la comprensión del modelo exhaustivo desarrollado se ofrece una visión resumida del mismo y de las interacciones entre sus distintos procesos (apartado 2.4). Por último se proporciona una descripción exhaustiva del modelo propuesto (apartado 2.5).

2.2 Metodología seguida en la construcción del modelo propuesto para la gestión de la I+D+i

Para elaborar el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i en esta tesis doctoral se han analizado en profundidad fundamentalmente las normativas de referencia (AENOR 2014; CEN, 2013) (apartado 1.2.1.3), además de otras normas relacionadas con la gestión de aspectos concretos de la I+D+i y con sistemas de gestión en general, y los trabajos científicos también estudiados en el Capítulo 1. Es importante destacar que el modelo propuesto no consiste en una aplicación directa de las normas de referencia, ya que, como queda patente a lo largo de este capítulo, en muchos casos éstas presentan incoherencias, solapamientos, ambigüedades y falta de completitud. Esto es debido en parte a que las normativas no pretenden reflejar un modelo exhaustivo, sino dar las pautas que deben regir la gestión de la I+D+i en una organización de forma general. Estos problemas que presenta la normativa existente, no sólo a la hora de elaborar un modelo completo, concreto, útil y aplicable, sino incluso simplemente a la hora de implantar un SiGIDi, quedan patentes por la necesidad de ayuda a su interpretación e implantación en base a dicha normativa, lo cual se ha traducido en

la proliferación de guías prácticas a tal efecto (Tekniker, 2008) (Tecniberia, 2010) (Cynertia Consulting, 2010). Es necesario destacar también, en relación a esta consideración, que el modelo elaborado se basa en normativas de reciente aprobación, como la normativa europea CEN/TS 16555-1 (CEN, 2013), o la actualización de la normativa española UNE 166002:2014 (AENOR, 2014), para las cuales aún no existen este tipo de guías.

Por ello, para la elaboración del modelo propuesto para la gestión de la I+D+i se han tomado decisiones en todos los elementos y procesos que conforman la gestión de la I+D+i. Estas decisiones se basan principalmente en la configuración de dichos elementos y procesos, tomando las partes más adecuadas de las descripciones de las distintas normativas en relación a ellos, eliminando las incoherencias encontradas entre dichas normas, y complementando dicha configuración de forma que se ha establecido un modelo completo y concreto de cada uno de los elementos y procesos. También se han tomado decisiones en base a su ordenación, proporcionando un ciclo más lógico y fácil de comprender y seguir que los que, en algunos casos, proporcionan las normativas de referencia.

Por último, a la hora de elaborar el modelo en base a los objetivos establecidos, se ha hecho especial hincapié en identificar las múltiples relaciones entre los distintos elementos y procesos que lo componen (relaciones que se empezaron a ver en el Capítulo 1). Estas relaciones implican que las salidas de unos procesos sirven como entradas para otros, produciéndose ciclos entre estas interacciones, los cuales suponen continuas realimentaciones en el sistema. Dichas interrelaciones, en la mayoría de los casos, no quedan explicitados (o bien no son establecidas con la suficiente claridad) en las normativas de referencia.

De esta forma el modelo propuesto consigue que se preserve la compatibilidad con las normativas nacionales e internacionales (sirviendo como base y soporte a la certificación de los sistemas que apliquen dicho modelo), y que se facilite la consecución de los objetivos perseguidos en términos de optimización de los procesos de gestión de la I+D+i y reuso del conocimiento en los mismos.

2.3 Organización de la descripción del modelo propuesto para la gestión de la I+D+i

La descripción exhaustiva del modelo propuesto para la gestión de la I+D+i proporcionada en el apartado 2.5 incluye, en primer lugar, el modelo propuesto para el entorno estratégico (apartado 2.5.1), el entorno analítico (apartado 2.5.2), y los procesos de soporte a la I+D+i (apartado 2.5.3). A continuación se realiza una descripción exhaustiva del modelo propuesto para la gestión de ideas para proyectos de I+D+i (apartado 2.5.4), como apartado central del capítulo.

Para explicar la descripción del modelo propuesto en estos casos, se proporciona en primer lugar una introducción a los conceptos que formarán parte del proceso analizado, facilitando así su comprensión. A continuación se realiza un análisis exhaustivo de las normas que afectan a dicho proceso, detectando incoherencias, errores y falta de completitud encontradas entre ellas, y proporcionando decisiones para solventar estos problemas. El modelo de cada proceso se completa con una figura descriptiva del mismo, para facilitar su comprensión. En estas figuras se representan el proceso correspondiente y los elementos que lo componen (agrupados por niveles cuando corresponda), los elementos que suponen una entrada de información relevante al proceso en cuestión y a sus distintos elementos, y los actores (y las acciones que llevan a cabo) que forman parte del mismo.

La Figura 4 muestra un ejemplo de la representación de los distintos elementos que forman parte de estas figuras descriptivas:

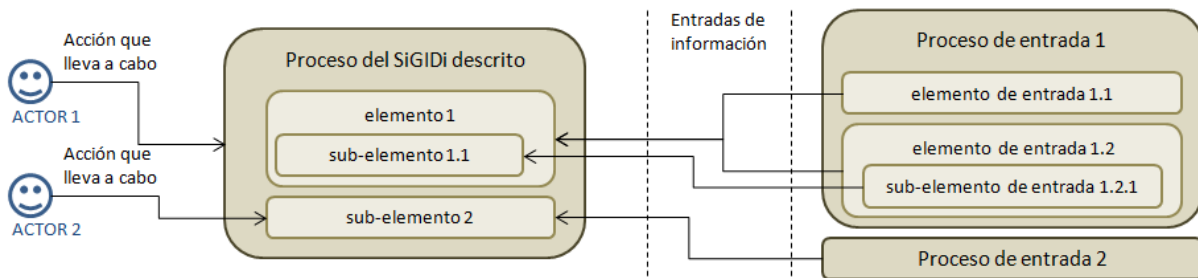


Figura 4. Ejemplo de figura descriptiva de un proceso en el modelo propuesto

El modelo propuesto para cada proceso del SiGIDi será ilustrado, también con el objetivo de facilitar su comprensión, con un ejemplo explicativo basado su implantación en un caso de aplicación en una empresa. El objetivo del ejemplo es ver reflejado el modelo de gestión de la I+D+i en una empresa (ficticia) con unas características muy específicas, en concreto se trata de una start-up que se dedica al desarrollo de apps para móviles. Los contenidos de este ejemplo no deben ser analizados desde el punto de vista de la validez de los mismos en el mundo real de una empresa de las características de la elegida como ejemplo, sino que deben tomarse como mero instrumento ilustrativo del modelo propuesto.

Tras la descripción exhaustiva del modelo propuesto para el proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i se proporcionará la descripción de los procesos y elementos que le suceden en el tiempo (apartado 2.5.5). Dado que el nivel de información relevante para la gestión de ideas para proyectos de I+D+i que proporcionan estos procesos es mucho menor que los anteriormente citados, no se proporciona una descripción detallada de los mismos, centrándose ésta en la realimentación de información que puede tener influencia (directa o indirectamente) en la gestión de ideas para proyectos de I+D+i. Por ello, a la hora de describir estos procesos se proporciona una introducción, un análisis normativo, la relación con el proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i, y su ilustración a través del caso de ejemplo propuesto. Por último se proporciona una descripción del modelo para todos estos procesos en su conjunto, mostrando las interacciones que se producen entre ellos y la información de realimentación que proporcionan a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i, además de los actores involucrados en ellos y las acciones que éstos llevan a cabo.

Previamente a esta descripción exhaustiva del modelo propuesto, con el objetivo de facilitar su comprensión, se ofrece una visión resumida del mismo y de las interacciones entre sus distintos procesos.

2.4 Vista general del modelo propuesto para la gestión de la I+D+i

El modelo propuesto para la gestión de la I+D+i se basa en un conjunto de procesos que interactúan entre sí, entendiéndose por proceso cualquier actividad, o conjunto de actividades, que utiliza recursos para transformar elementos de entrada en resultados (ISO, 2005).

En este apartado se proporciona el mapa de procesos diseñado como base para el modelo propuesto, mostrando una breve introducción a cada uno y explicando las interacciones entre ellos. Por último se presenta la descripción de un ciclo completo resumido, con el objetivo de

ofrecer una explicación elemental que facilite la comprensión del modelo completo propuesto para la gestión de la I+D+i descrito en el apartado 2.5.

En primer lugar se proporciona una vista simplificada del mapa de procesos diseñado, el cual se ilustra en a través de la Figura 5.

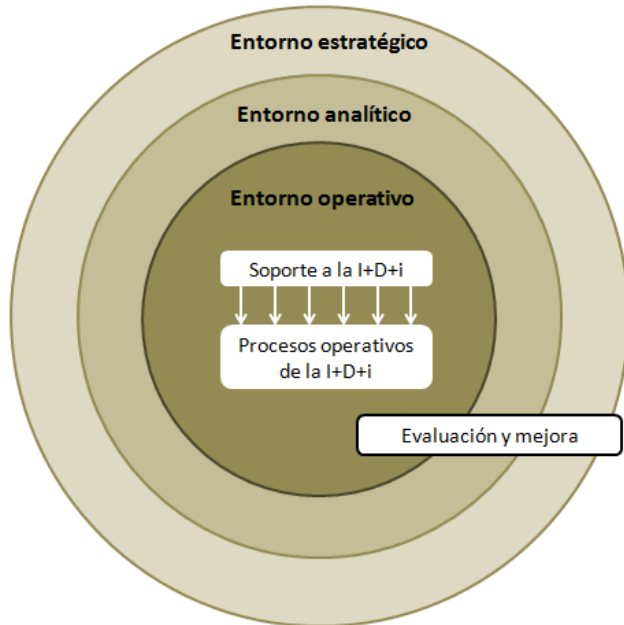


Figura 5. Vista simplificada del mapa de procesos propuesto para la gestión de la I+D+i

El mapa de procesos propuesto consta de varios niveles, cada uno de los cuales tiene influencia y debe ser tenido en cuenta en los niveles inferiores. En primer lugar se encuentra el nivel estratégico, en el cual se definen los elementos estratégicos que orientarán el resto de procesos del SiGIDi. En segundo lugar el nivel analítico será el encargado de analizar los entornos externo e interno a la organización (en base a las directrices estratégicas), proporcionando información relevante para la ejecución del resto de procesos. Es necesario destacar que el entorno analítico puede servir también de entrada al estratégico, pudiéndose modificar las estrategias y objetivos en base a la información analizada, sobre todo tras la implantación inicial del modelo y una

primera revisión del mismo. El entorno operativo contiene los procesos operativos de la I+D+i, en los que se transforman las ideas en innovaciones (generalmente productos que se desarrollan y se introducen en el mercado), y los proceso de soporte a éstos, proporcionando elementos útiles para su ejecución. Los procesos de ambos tipos se llevan a cabo basándose en las directrices estratégicas y utilizando los análisis realizados para su orientación, de forma que se obtengan resultados lo más útiles de la forma más optimizada posible.

Por último se encuentran los procesos de evaluación (de los resultados de I+D+i y del desempeño del SiGIDi) y mejora, los cuales se realizan de manera continua, proporcionando información útil tanto para activar acciones relacionadas con los distintos procesos (por ejemplo, la creatividad o la colaboración para resolver un problema o aprovechar una oportunidad, o enriquecer un proyecto con los resultados de otro, etc.), como para el rediseño de los mismos (por ejemplo, modificando el entorno estratégico, reorientando el analítico, o añadiendo criterios para la evaluación de ideas, etc.). De esta forma el modelo propuesto es un modelo flexible y no lineal. Las interacciones concretas entre los procesos de los distintos niveles serán descritas de forma exhaustiva en el apartado 2.5.

Entrando en detalle en cada uno de los niveles del modelo, el mapa de procesos del entorno estratégico ilustrado por la Figura 6, incluye elementos estratégicos de la organización como base para la definición de los elementos estratégicos de I+D+i. La misión (propósito) y visión (propósito a largo plazo) de la organización orientan la definición de la visión de I+D+i. La estrategia de la organización para conseguir su propósito, junto con las necesidades y expectativas de las partes interesadas orientan, por su parte, la definición de la estrategia para alcanzar la visión de I+D+i. La estrategia de I+D+i, por último, sirve como guía para la

definición de la política de I+D+i, que es el marco de referencia para el establecimiento de los objetivos de I+D+i, determinando ambos los resultados deseados y la forma planificada para alcanzarlos.

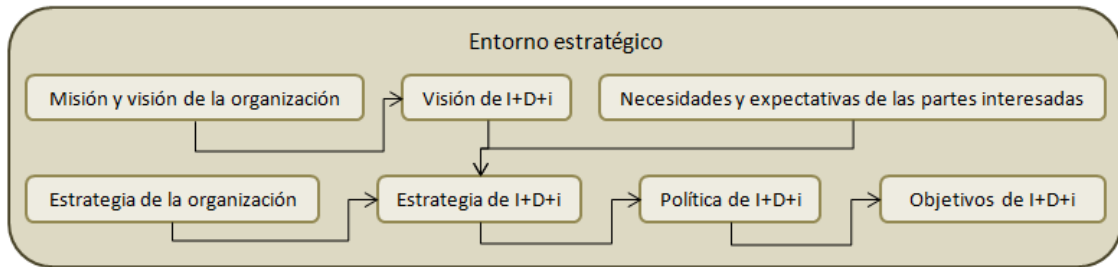


Figura 6. Mapa de procesos del entorno estratégico

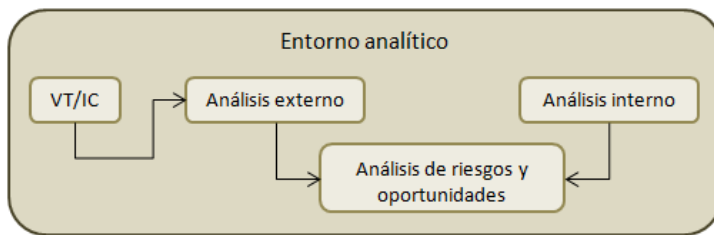


Figura 7. Mapa de procesos del entorno analítico

El mapa de procesos del entorno analítico ilustrado por la Figura 7 se compone en primer lugar del proceso de VT/IC, en el cual se analizan las informaciones técnicas y las de valor estratégico acerca del ambiente de negocios, útiles para alcanzar las directrices

estratégicas de I+D+i. Estos análisis sirven de entrada para el análisis del entorno externo de la organización, el cual, conjuntamente con el análisis del entorno interno a la misma en relación a la gestión de la I+D+i, se utilizan para detectar debilidades, riesgos, fortalezas y oportunidades que influyen a la hora de alcanzar las directrices estratégicas de I+D+i de la organización.

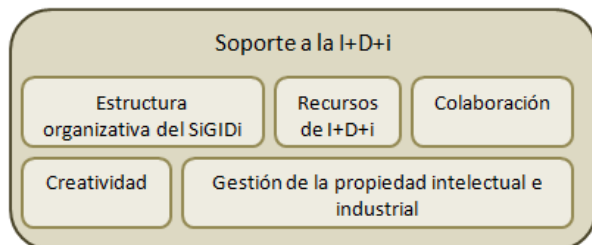


Figura 8. Mapa de procesos de soporte a la I+D+i

Dentro de lo que en esta tesis doctoral se ha definido como el entorno operativo, en primer lugar se encuentran los procesos de soporte a la I+D+i, ilustrados en la Figura 8, los cuales serán utilizados como herramientas de ayuda para los procesos operativos de I+D+i. Estos procesos se diseñan en base a las directrices estratégicas de I+D+i, y utilizando la

información relevante de los análisis realizados. Incluyen el establecimiento de la estructura organizativa del SiGIDI (funciones y responsabilidades), la gestión de los recursos de I+D+i, la gestión de las colaboraciones internas y con socios y organismos de investigación, la gestión de la creatividad (fuente principal para la generación de ideas), y la gestión de la PI que facilita la explotación de los resultados de I+D+i.

En el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i, a continuación, se encuentran los procesos operativos de la I+D+i (ilustrado en la Figura 9), en los cuales se transforman las ideas en resultados de distintos tipos (productos, conocimiento, etc.). Este proceso comienza con la generación de ideas para proyectos de I+D+i, las cuales, tras ser evaluadas, se convierten en proyectos si así se decide en el proceso de gestión integrada de la cartera de proyectos de I+D+i. Los resultados obtenidos en los proyectos deben ser explotados y, tanto los resultados en sí mismos como su explotación, son sometidos a una evaluación, a partir de la cual se obtiene información que retroalimenta a los procesos operativos de la I+D+i, provocando la toma de distintos tipos de decisiones.

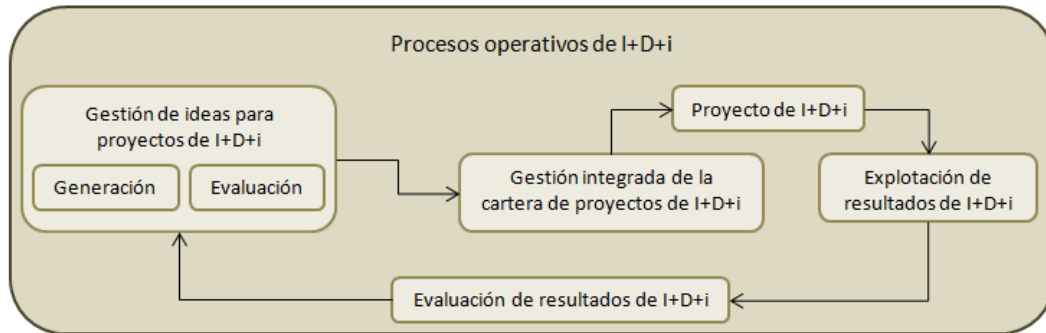


Figura 9. Procesos operativos de la I+D+i

Por último el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i contempla la evaluación y mejora del SiGIDi. A través de la evaluación del desempeño de los distintos procesos involucrados, y de los resultados de I+D+i, se detectan medidas correctivas y de mejora, las cuales serán aprobadas o rechazadas en la revisión del SiGIDi por la dirección, a través de las cuales se podrán tomar distintos tipos de decisiones y realizar cambios en cualquiera de los procesos del SiGIDi.

2.5 Descripción del modelo para la gestión de la I+D+i propuesto

En el presente apartado se presenta una descripción exhaustiva del modelo propuesto para la gestión de la I+D+i en esta tesis doctoral, en base a las consideraciones establecidas en la introducción del presente capítulo, de acuerdo con la metodología descrita, y siguiendo la organización establecida de forma que se facilita su comprensión.

2.5.1 Entorno estratégico

Las actividades de I+D+i y su gestión están guiadas por distintos elementos estratégicos en relación a la I+D+i. La definición de estos elementos debe basarse en los elementos estratégicos generales de la organización, para ayudar a través de la I+D+i a su cumplimiento. Por lo tanto los elementos descritos en el presente apartado (entorno estratégico de la organización, comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas, entorno estratégico de I+D+i, y planificación del SiGIDi) son fundamentales de cara a orientar el resto de elementos y actividades del SiGIDi.

2.5.1.1 Entorno estratégico de la organización

El entorno estratégico de la organización constituye, junto con las necesidades y expectativas de las partes interesadas (apartado 2.5.1.2), el marco de referencia para establecer los elementos del entorno estratégico de I+D+i (apartado 2.5.1.3).

De acuerdo con el modelo de excelencia y calidad EFQM (Fundación Europea para la Gestión de la Calidad) (EFQM, 2013) los componentes principales del marco estratégico de la organización, son la misión (para qué existe la organización) y la visión (qué quiere lograr la organización a largo plazo), las cuales se desarrollan a partir de la implementación de una estrategia centrada en las partes interesadas.

El propósito, fin o razón de ser de la existencia de una organización se denomina “misión” y, por otra parte, “visión” se define como el camino al cual se dirige la organización a largo plazo, y sirve de rumbo y aliciente para orientar las decisiones estratégicas (Fleitman, 2000). A la hora de establecer la misión la organización debe dar respuesta a las siguientes

preguntas: ¿quiénes somos?, ¿qué se busca?, ¿qué se hace?, ¿dónde se hace?, ¿por qué se hace? y ¿para quién se hace? Y a la hora de establecer la visión a las siguientes: ¿cuál es la imagen futura que se desea proyectar de la empresa?, ¿cuáles son sus deseos o aspiraciones?, ¿hacia dónde se dirige? y ¿hacia dónde quiere llegar? (Uribe Martínez, 2013).

Análisis normativo

La normativa de referencia (AENOR 2014; CEN, 2013) (AENOR, 2006c) no incluye una definición de los elementos citados, aunque menciona el propósito y estrategia de la organización como entrada para el SiGIDi. De hecho tampoco se incluyen en el Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) ISO9001 (AENOR, 2008), siendo tratados de forma similar a como lo hacen las normativas de I+D+i.

Para elaborar el modelo propuesto en esta tesis doctoral se ha considerado que incluir los elementos “visión” y “misión” de la organización es más acertado que solamente el “propósito”, ya que es la práctica habitual en las organizaciones, muestra el propósito actual y a largo plazo, y es coherente con la nomenclatura empleada en la normativa de referencia de gestión de la I+D+i (la cual habla de la visión de I+D+i). Dichos conceptos no pertenecen al SiGIDi propiamente dicho, pero son una entrada fundamental para el mismo, ya que sirven de guía para la definición del entorno estratégico de I+D+i. Además, dentro del ámbito estratégico se decide tener en cuenta la estrategia de la organización, ya que proporciona información determinante para la definición de la estrategia de I+D+i.

Modelo propuesto

Debido a que el establecimiento del entorno estratégico de la organización no es una actividad en sí misma objeto del SiGIDi, se incorpora en el modelo propuesto, únicamente como entrada al entorno estratégico de I+D+i, dándose por supuesto que ya ha sido establecido. Por ello solamente se detallan los elementos que lo componen, sin explicar los actores involucrados en su establecimiento ni los flujos de acciones que éstos llevan a cabo.

Como se ha explicado en la introducción a este apartado, los componentes del entorno estratégico de la organización a tener en cuenta por el SiGIDi son: misión, visión y estrategia de la organización. La misión y visión suponen entradas para la estrategia de la organización, ya que se desarrolla a partir de éstas.

De igual forma las normativas no incorporan entradas al entorno estratégico de la organización por parte de las actividades de I+D+i. Sin embargo la I+D+i es un proceso cíclico y de gran relevancia para la estrategia de la organización, por lo que ésta debería tener en cuenta los resultados del proceso de la I+D+i y los distintos análisis que en él se llevan a cabo para reorientarla, pudiendo anticiparse a las necesidades del mercado, y mejorando su posicionamiento estratégico. Como se explica en el apartado 2.5.5.5 toda esta información se pondrá a disposición de la dirección, la cual podrá decidir cambios en su estrategia a partir de ella si así lo cree oportuno. Por lo tanto el proceso de “revisión por la dirección” supondrá una entrada para la estrategia de la organización.

La Figura 10 representa los elementos que componen el entorno estratégico de la organización, las relaciones entre los mismos y las entradas por parte de otros procesos y elementos del modelo propuesto para la gestión de la I+D+i:

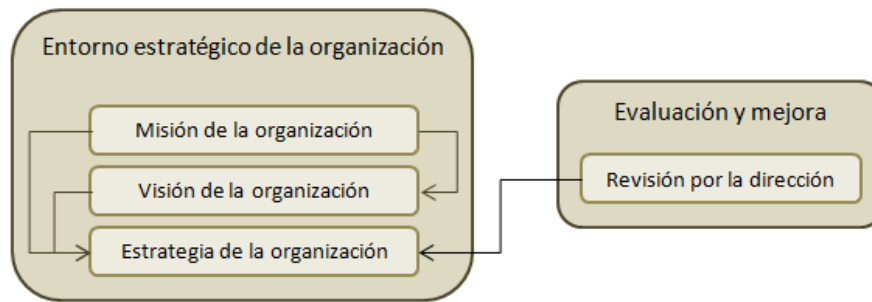


Figura 10. Representación del modelo propuesto para el entorno estratégico de la organización

Caso de ejemplo del modelo propuesto

En el ejemplo propuesto la start-up define en su misión que se trata de una empresa dedicada al desarrollo de apps móviles para distintos tipos de clientes. Su visión es ser una empresa que se destaque de las demás por proporcionar apps innovadoras a sus clientes, basando en la I+D+i su crecimiento a largo plazo. En la definición de su estrategia la start-up decidió desarrollar apps bajo demanda (en lugar de para clientes generalistas y comercializarlas a través de un market), debido a que no tiene el suficiente conocimiento y confianza como para realizar inversiones en desarrollos no financiados. Además eligió que la plataforma tecnológica de desarrollo de estas apps sea iOS, orientando sus desarrollos a iPhone, ya que sus clientes iniciales les han demandado apps mayoritariamente en esta plataforma y, de esta forma, consideran necesario especializar sus recursos. En su estrategia también existe una fuerte apuesta por la I+D+i, para proporcionar características innovadoras de valor añadido a las apps requeridas por los clientes.

Como se explica en los apartados posteriores, a partir de la estrategia de I+D+i la start-up centró parte de sus actividades de I+D+i en la plataforma Android, obteniendo resultados prometedores. Estos resultados y el análisis de los distintos procesos del SiGIDi hizo que la empresa se replanteara su estrategia, incorporando la plataforma Android a la misma.

La dirección de I+D+i es la misma que la dirección de la start-up, ya que se trata de una empresa pequeña. Este hecho supone una ventaja, ya que la dirección de la empresa supervisa personalmente todas las actividades de I+D+i y no sólo analiza la información que le transmite otro elemento directivo. La dirección de la start-up, tras analizar la información presentada en la revisión del SiGIDi por la dirección, comprueba que su apuesta por la I+D+i es acertada, y decide modificar su estrategia organizacional, ampliando su campo de actuación a la plataforma Android, diferenciándose a través la incorporación de servicios basado en Big Data, y lanzando un producto al mercado generalista (sin necesitar una inversión elevada, ya que reutilizó los resultados obtenidos en sus actividades I+D+i), lo cual provocó que pasará a contar con nuevos clientes, y ampliar su espectro de desarrollos con los clientes anteriores, los cuales encargaron el desarrollo de productos basados en estas nuevas características.

2.5.1.2 Comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas

El enfoque a partes interesadas es un elemento fundamental del modelo para la gestión de la I+D+i desde el punto de vista estratégico, ya que alimenta a la estrategia de I+D+i, la cual guía las actividades del SiGIDi.

Por parte interesada se entiende cualquier persona o grupo (organización, parte de ella, o más de una organización) que tiene un interés en el desempeño o éxito de una organización, por

ejemplo clientes, accionistas, personal de una organización, proveedores, banqueros, sindicatos, socios, o la sociedad (ISO, 2005).

Análisis normativo

En este punto las principales normas de referencia (AENOR 2014; CEN, 2013) establecen que la organización debe identificar las partes interesadas que son relevantes para el SiGIDI, así como sus necesidades, expectativas y requerimientos. Las partes interesadas se dividen en las que son externas (colaboradores, proveedores, distribuidores, organizaciones de investigación, clientes, usuarios, autoridades públicas, etc.) y las internas (empleados, directivos, accionistas, etc.) a la organización. En cualquier caso las partes interesadas a las que las normas dan más importancia son los clientes y usuarios, siendo fundamental que la organización comprenda sus necesidades, y cuáles de ellas no han sido satisfechas o ni siquiera planteadas. Por otra parte es importante involucrar y consultar a las partes interesadas para identificar sus necesidades y expectativas, las cuales pueden ser explícitas o implícitas.

Por último se indica que la VT/IC (apartado 2.5.2.1) es útil para la identificación y comprensión de estas necesidades y expectativas. En este sentido, en el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i en esta tesis doctoral se considera que es más operativo utilizar como entrada la información del análisis externo (apartado 2.5.2.2) para identificar necesidades de las partes interesadas externas, ya que constituye el análisis realizado a partir de la (gran cantidad de) información proporcionada por la VT/IC. En el caso concreto de los colaboradores se considera relevante contar con la información del proceso de colaboración (apartado 2.5.3.3), ya que incluye toda la información de interés relativa a éstos. En el mismo sentido se considera que el análisis interno (apartado 2.5.2.3) supone una entrada de gran utilidad para identificar necesidades de las partes interesadas internas (principalmente empleados).

La anterior versión de la norma española (AENOR, 2006c), además de algunas de las consideraciones anteriores, menciona la atención a los requisitos legales y reglamentarios, por lo que en el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i se decide incluir como partes interesadas a las entidades legisladoras, normalizadoras y certificadoras. Además menciona en este sentido la atención a las innovaciones y los cambios tecnológicos requeridos por el mercado, por lo que se decide incluir a éste también como parte interesada.

En cuanto a los actores involucrados, las normas indican que la Unidad de Gestión de la I+D+i (en adelante UGIDI) será la encargada de gestionar esta actividad.

Modelo propuesto

A continuación se explica en detalle el enfoque a partes interesadas dentro del modelo propuesto para la gestión de la I+D+i, en base a las consideraciones establecidas en el análisis normativo. En primer lugar se detallan los elementos que lo componen y las relaciones entre los mismos.

Las partes interesadas externas que forman parte del modelo propuesto por defecto son las siguientes: clientes, usuarios, mercado, colaboradores, organizaciones de investigación, autoridades públicas, organismos financiadores, organismos legisladores, normalizadores y certificadores, proveedores y distribuidores. Las partes interesadas internas por defecto, a su vez, son las siguientes: empleados, directivos y accionistas. Cada organización podrá incluir otros tipos de partes interesadas que detecte importantes para su actividad. Para cada tipo de

partes interesadas se incluirán las instancias concretas para cada organización, por ejemplo, los clientes concretos de las mismas.

Las entradas para identificar las necesidades de las partes interesadas externas serán el análisis externo y la colaboración. En el caso de las partes interesadas internas servirá como entrada el análisis interno.

En cuanto a los actores involucrados y las acciones que éstos llevan a cabo, la UGIDi identificará los tipos de partes interesadas del SiGIDi, las partes interesadas de cada tipo (sólo para las externas) y las necesidades y expectativas de dichas partes interesadas. La dirección de I+D+i supervisará estas acciones en la revisión del SiGIDi por la dirección, dentro de los procesos de evaluación y mejora.

La Figura 11 representa los elementos que componen el proceso de comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas, las relaciones entre los mismos, las entradas por parte de otros procesos y elementos del modelo propuesto para la gestión de la I+D+i, y los actores involucrados en dicha actividad:

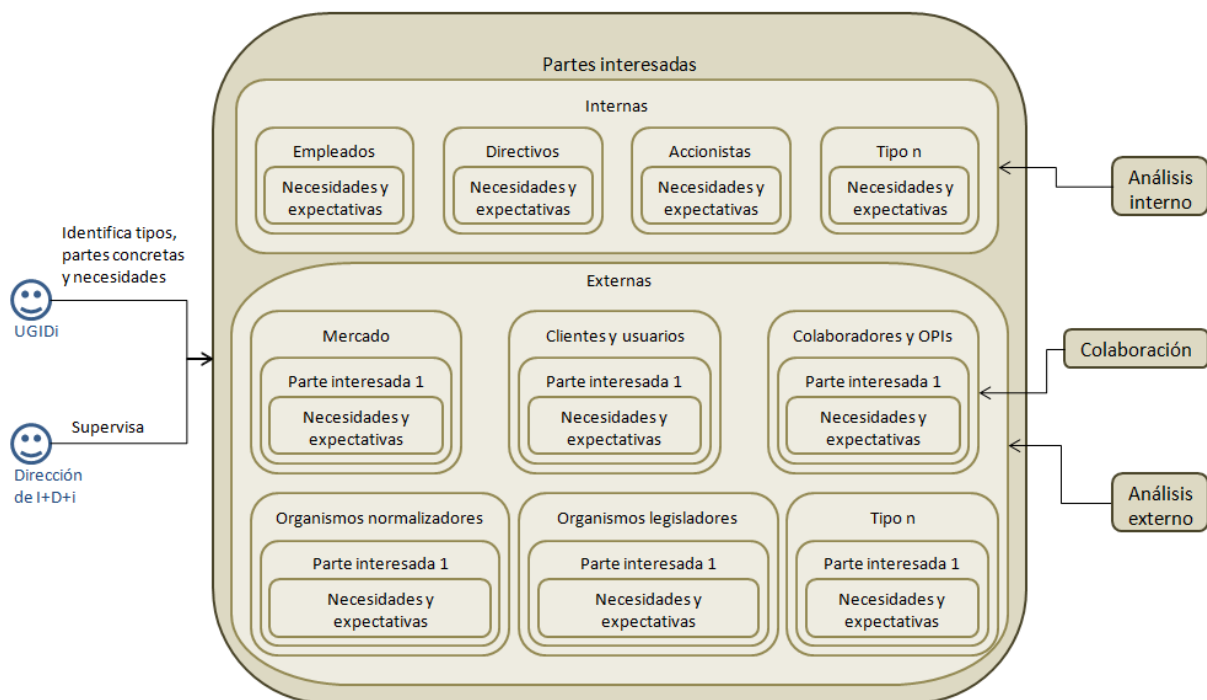


Figura 11. Representación del modelo propuesto para la comprensión de necesidades y expectativas de las partes interesadas

Caso de ejemplo del modelo propuesto

En el ejemplo propuesto la dirección de I+D+i de la start-up (que es la dirección de la empresa) ha detectado como partes interesadas externas del SiGIDi a sus clientes y colaboradores en pasados proyectos de I+D+i, al CDTI (principal organismo financiador en I+D+i para PYMEs), y ha decidido incluir al mercado de apps móviles, por lo que dentro del proceso de VT/IC (apartado 2.5.2.1) analiza dicho mercado.

Las principales necesidades (en relación con la I+D+i) que la dirección de I+D+i ha encontrado respecto a sus empleados se centran en la ampliación de sus capacidades en el terreno de las plataformas para apps móviles, y la de adquisición de capacidades en nuevos entornos tecnológicos, además de la posibilidad de aplicar este tipo de capacidades, en

algunos caso adquiridas previamente (apartado 2.5.3.2). Desde el punto de vista de los clientes ha detectado la necesidad de proporcionar valor añadido a las apps que desarrollan (no dejando únicamente en manos del cliente su conceptualización) para adquirir ventajas competitivas. Por otro lado algunos clientes les han hecho llegar la necesidad de desarrollo de apps para Android y, además, un único cliente solicitó que las apps que les proporcionaran también sirvieran para la plataforma Windows Phone. Desde el punto de vista del CDTI ha detectado la necesidad de participación de PYMEs españolas en proyectos de ámbito internacional (principalmente el H2020⁷⁷, del inglés “*Horizon 2020*” de la CE), para garantizar el retorno de la inversión española en este programa.

Esta detección de necesidades y expectativas de las partes interesadas, en un primer momento se basó en las explicitadas por dichas partes, ya que no se habían realizado aún los análisis interno y externo. En una posterior revisión del SiGIDi la start-up ya había llevado a cabo estos procesos, detectando entre las necesidades del mercado el dar respuesta a la demanda en apps para la plataforma Android y la incorporación de capacidades sociales a las apps móviles (apartado 2.5.2.2).

2.5.1.3 Entorno estratégico de I+D+i

El entorno estratégico de I+D+i es el núcleo principal que guía las decisiones a tomar en las distintas actividades de I+D+i en la organización.

El elemento estratégico de más alto nivel es la “visión de I+D+i”, la cual es una declaración de lo que la organización quiere conseguir en términos de I+D+i (AENOR 2014; CEN, 2013). La visión de I+D+i debe (CEN, 2013): establecer la dirección y los desafíos que inspiren a las personas para comprometerse y trabajar en pro de los mismos, ser suficientemente ambiciosa y no restringirse a las capacidades actuales de la organización, y proporcionar el marco para que se puedan medir los progresos llevados a cabo.

La visión de I+D+i se desarrolla a través de la “estrategia de I+D+i” (AENOR, 2014), que es el plan general (comprendiendo las grandes líneas) para alcanzar la visión.

Por último se considera la “política de I+D+i” como el elemento de más bajo nivel del entorno estratégico de I+D+i, la cual es el marco de referencia para el establecimiento de los objetivos de I+D+i, y debe incluir el compromiso de cumplir con los requisitos de la norma y de mejorar continuamente el SiGIDi (AENOR, 2014).

Análisis normativo

En primer lugar, dado que la visión de I+D+i es el equivalente a la de la organización pero en términos de I+D+i, se decide que esta última sea acorde con la primera. En esta misma línea, debido a que la estrategia de I+D+i es el plan general para alcanzar la visión de I+D+i, debe ser acorde a esta. Por otro lado la visión, estrategia, políticas y objetivos de I+D+i deben ser compatibles con la dirección estratégica de la organización (CEN, 2013) y, como se ha visto en el Capítulo 1 la estrategia de la organización proporciona el marco para el desarrollo de la estrategia de I+D+i (Pesonen, 2008). Por todo ello en el modelo propuesto en esta tesis doctoral se considera que a la hora de definir la estrategia de I+D+i se debe tener en cuenta la estrategia de la organización, siendo compatible con ella. Como la política de I+D+i se desarrolla con el objetivo de cumplir la estrategia de I+D+i, se salvaguarda la compatibilidad de la estrategia de la organización con este elemento.

⁷⁷ <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/>

Además la estrategia de I+D+i “*debe tener en cuenta el análisis externo e interno y las necesidades y expectativas identificadas de las partes interesadas, puede desarrollarse mejor consultando a las a las mismas y debe serles comunicada*” (AENOR 2014; CEN, 2013). No será obligatorio que esta información esté definida previamente, ya que será el entorno estratégico el que oriente las actividades del SiGIDi, incluidos los análisis que se deberán efectuar. Por lo tanto, en la primera versión de la estrategia de I+D+i esta información será tenida en cuenta de forma intuitiva, y en futuras revisiones ya se contará con esta información explícitamente definida, por lo que se podrá tener en cuenta de forma más rigurosa.

De acuerdo con la norma europea (CEN, 2013) la estrategia de I+D+i debe definir: “*las capacidades y recursos de I+D+i de la organización; lo que la I+D+i significa para la organización; los criterios que distinguen a la I+D+i de su negocio habitual; las clases de I+D+i en las que se debe centrar (por ejemplo, de producto, servicio, proceso, organización y/o modelo de negocio); los niveles de novedad en los que se debe centrar (p. ej., incremental, radica y/o disruptiva); las políticas de RRHH que hacen posible la I+D+i; las políticas sobre activos intangibles y PI; y la política de colaboración, incluyendo fuentes de ideas externas a la organización y la colaboración con terceros*”. Además indica que debe introducir explícitamente el fomento de la creatividad. Respecto a las capacidades y recursos de I+D+i, éstos se definen en el proceso de recursos de I+D+i (apartado 2.5.3.2) y se analizan en el proceso de análisis interno (apartado 2.5.2.3), por lo que en el modelo propuesto se decide no definir estos aspectos en la estrategia de I+D+i, sino tenerlos en cuenta a la hora de llevar a cabo la definición de la misma, de la forma indicada en el párrafo anterior. Respecto a lo que la I+D+i significa para la organización, esto es la visión de I+D+i, por lo que se decide no incluir este punto en el modelo propuesto. Por otra parte, con el objetivo de tener un modelo de gestión de la I+D+i lo más operativo posible, y debido a que las normas incluyen en los apartados correspondientes la necesidad de establecer los distintos tipos de directrices, se decide que las definición de las políticas de RRHH, de colaboración y de PI, aunque forman parte de la estrategia de I+D+i, se lleve a cabo en estos procesos (apartados 2.5.3.2, 2.5.3.3 y 2.5.3.4, respectivamente), teniéndolas presente a la hora de ejecutarlos.

De acuerdo con la norma “UNE166000 - Gestión de la I+D+i: Terminología y definiciones de las actividades de I+D+i” (AENOR, 2006a), la política de I+D+i es la “*declaración por parte de la organización, de sus intenciones y principios en relación con sus actividades de I+D+i, que proporciona un marco para su actuación y para el establecimiento de sus objetivos y metas en Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación*”. En la anterior versión de la norma española para la gestión de la I+D+i (AENOR, 2006c) éste era el único elemento estratégico que se contemplaba, en línea con el SGC ISO9001 (AENOR, 2008), por lo que en la última revisión de la norma (AENOR, 2014) se mantiene este concepto, aunque se incorporan los de visión y estrategia de I+D+i. El problema que se presenta es dónde ubicarla, ya que no aparece en la normativa europea. La norma española (AENOR, 2014) indica que la política de I+D+i está influenciada por la estrategia de I+D+i y que es la base para la definición de los objetivos de I+D+i, por lo que haría las veces de eslabón entre estos dos conceptos. A pesar de que la norma europea no incluye el concepto de política de I+D+i, se decide incorporarlo en el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i para preservar la compatibilidad del SiGIDi con otros sistemas de gestión de la organización, como el SGC, en el que se encuentra la “política de calidad” de la organización.

Por otra parte la visión, estrategia y política de I+D+i deben estar disponibles como información documentada, deben medirse, comunicarse dentro de la organización y, si es apropiado, estar disponibles para las partes interesadas (AENOR 2014; CEN, 2013). En el

modelo propuesto se decide que estos elementos no tendrán que ser medibles, ya que este aspecto es contrario a la propia definición de los mismos (declaración de intenciones y plan general respectivamente) y a que para medir su cumplimiento se establecen los objetivos de I+D+i (apartado 2.5.1.4), los cuales son medibles y se establecen bajo el marco de referencia de la política de I+D+i.

Respecto a los actores involucrados, la dirección debe establecer la política de I+D+i (AENOR, 2014) y debe asegurarse de que se establecen la visión, y estrategia de I+D+i (CEN, 2013). En las organizaciones que gestionan la I+D+i es usual que exista una dirección de I+D+i que, bien esté conformada por componentes de la alta dirección, o bien reporten a ésta la información de carácter estratégico del SiGIDi. Esta parte de la dirección de la organización es la que está involucrada directamente en el control de las actividades de I+D+i, por lo que en el modelo propuesto se hablará siempre de la “dirección de I+D+i” en lugar de hacerlo de la “alta dirección”. De esta forma, además, se solventa la ambigüedad que presentan las normas de referencia, en las cuales algunas veces se habla de la alta dirección y otras simplemente de la dirección. Estas consideraciones serán aplicadas no sólo a este apartado, sino en general en todo el modelo propuesto.

Por otra parte, como se explica en el apartado 2.5.3.1, la UGIDi tiene la función de gestionar las actividades de I+D+i. Por ello, en este caso concreto en el que la norma atribuye a la dirección únicamente el establecimiento de la política, para el modelo propuesto se considera más operativo que la UGIDi establezca todos los aspectos del entorno estratégico de I+D+i bajo la supervisión de la dirección de I+D+i. Como se explica en el apartado 2.5.5.5 el modo en el que la dirección de I+D+i supervisa todas las actividades y propuestas de modificaciones en el SiGIDi es a través de la revisión por la dirección, donde aprobará o rechazará las propuestas presentadas.

Modelo propuesto

A continuación se explica en detalle el entorno estratégico de I+D+i dentro del modelo propuesto para la gestión de la I+D+i, en base a las consideraciones establecidas en el análisis normativo. En primer lugar se detallan los elementos que lo componen y las relaciones entre los mismos.

La visión de I+D+i deberá adecuarse a la visión de la organización, por lo que tendrá este elemento como entrada. De cara a elaborar la estrategia de I+D+i, en primer lugar se deberá tener en cuenta la visión de I+D+i y la estrategia de la organización, garantizando su adecuación con ellas. También deberán tenerse en cuenta las necesidades y expectativas de las partes interesadas de I+D+i, además del análisis del entorno tecnológico y comercial (análisis externo) y las capacidades actuales y futuras de la organización en relación con la gestión de la I+D+i (análisis interno), ya que ambos podrán servir como guía para marcar las líneas estratégicas de I+D+i en la organización, asegurando que éstas se alinean con las tendencias del entorno y con las capacidades de la organización. Por último, aunque la normativa no lo especifica, en el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i en esta tesis doctoral se establece que se tendrán como entradas las decisiones adoptadas en la revisión por la dirección, a partir de la evaluación y mejora del SiGIDi y de sus resultados, ya que estas decisiones pueden ser tanto operativas (en relación a los distintos procesos), como estratégicas.

La estrategia de I+D+i se compondrá de: las líneas estratégicas prioritarias de I+D+i, los criterios que distinguen a la I+D+i de su negocio habitual, las clases de I+D+i en las que se

debe centrar (p. ej., producto, servicio, proceso, organización y/o modelo de negocio), y los niveles de novedad en los que se debe centrar (p. ej., incremental, radica y/o disruptiva).

Por otra parte la política de I+D+i será acorde con la estrategia de I+D+i, sirviendo como marco para la medición de su cumplimiento a través de los objetivos de I+D+i. Como se explica en el apartado 2.5.2.1 en el modelo propuesto se incluye la política de VT/IC dentro de la política de I+D+i. Tanto la explicación correspondiente como el contenido de esa política se detallarán en dicho apartado.

En segundo lugar se definen los actores involucrados en el entorno estratégico de I+D+i y los flujos de acciones que éstos llevan a cabo. La visión, estrategia y política de I+D+i serán definidas por la UGIDi, bajo la supervisión de la dirección de I+D+i, por medio de la revisión por la dirección. La UGIDi, a su vez, las comunicará a la organización (el mecanismo de comunicación queda a la elección de cada organización, pero su publicación en un espacio en el que todo el personal tenga acceso se considera suficiente). En el caso de la estrategia de I+D+i también será comunicada a las partes interesadas (igualmente no hay un mecanismo obligatorio), y si se considera oportuno podrán ser consultadas para su definición.

La Figura 12 representa los elementos que componen el entorno estratégico de I+D+i, las relaciones entre los mismos y las entradas por parte de otros procesos y elementos del modelo propuesto para la gestión de la I+D+i:

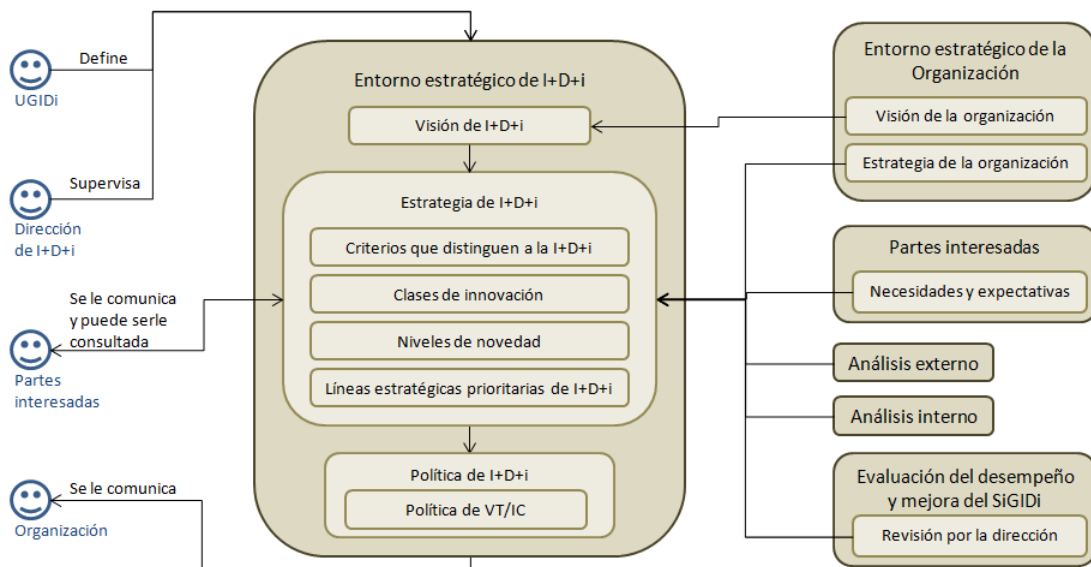


Figura 12. Representación del modelo propuesto para el entorno estratégico de I+D+i

Caso de ejemplo del modelo propuesto

La visión de I+D+i de la start-up, que es acorde con la de la organización, se basa en realizar desarrollos tecnológicos que, no solamente permitan una mayor aceptación de sus apps en el mercado y que posibilite que un mayor número de clientes contraten el desarrollo de estas apps, sino que además les permitan adaptarse a las tendencias y adelantarse a sus competidores tanto tecnológica como funcionalmente, proporcionando a la organización ventajas competitivas en el mercado. Para ello la organización considera indispensable explorar las tendencias tecnológicas y de mercado en relación con apps para móviles, e incrementar continuamente sus conocimientos y capacidades tecnológicas en este y otros ámbitos de aplicación, aumentar y mejorar continuamente su red de colaboradores, así como

garantizar la obtención y explotación de resultados de los proyectos de I+D+i. Para desarrollar su estrategia de I+D+i han tenido en cuenta todos estos factores.

En un primer momento, cuando la start-up implantó su SiGIDi no habían realizado los análisis internos y externo, por lo que a la hora de diseñar su estrategia de I+D+i no tuvieron en cuenta estos factores. Además de la estrategia de la organización y la visión de I+D+i se tuvieron en cuenta fundamentalmente las necesidades y expectativas de las partes interesadas (apartado 2.5.1.2), quedando la estrategia de I+D+i (resumidamente) de la siguiente forma:

(i) Criterios que distinguen a la I+D+i de su negocio habitual: La I+D+i se centra en el desarrollo de pilotos para mostrar a los clientes (actuales y potenciales) sus capacidades y a la alta dirección futuras líneas de actuación, no centrándose en resolver pequeños problemas del día a día, pero teniéndolos en cuenta.

(ii) Clases de I+D+i en las que se debe centrar: fundamentalmente se trata de I+D+i de producto, es decir en desarrollar pilotos que puedan convertirse en nuevos productos o mejoras de los actuales, una vez aceptados por los clientes de la empresa.

(iii) Niveles de novedad en los que se debe centrar: las innovaciones de la start-up serán fundamentalmente incrementales, añadiendo pequeñas características innovadoras de valor añadido a las apps a desarrollar para sus clientes.

(iv) Líneas estratégicas: a pesar de que en un principio pensaban que tendrían una única línea estratégica centrada en la plataforma iOS, tras analizar las necesidades y expectativas de las partes interesadas deciden incorporar otra línea para la plataforma Android. La única necesidad para la cual la dirección de I+D+i no ha considerado oportuno establecer una línea estratégica es la de compatibilidad con Windows Phone, ya que considera que el esfuerzo que supondría para satisfacer a un solo cliente no tendría el retorno suficiente. Por último otra línea estratégica fundamental es la participación en proyectos de I+D+i, permitiendo de esta forma obtener financiación para sus desarrollos tecnológicos y satisfacer al CDTI como parte interesada.

Por otro lado la start-up definió su política de I+D+i, como marco para el establecimiento de los objetivos de I+D+i, de la siguiente forma: compromiso con el cumplimiento de los requisitos de las normas UNE166002:2014 y CEN/TS 16555-1:2013, y con la mejora continua del SiGIDi; participación en proyectos de I+D+i relacionados con las líneas de la estrategia de I+D+i, la cual estará supeditada a la obtención de ayudas para su desarrollo, por lo que la definición de los proyectos a lanzar estará sujeta también a las características de los programas de financiación; mejora continua de la orientación a objetivos de los proyectos de I+D+i y la optimización en la obtención y explotación de resultados de I+D+i, mejorando para ello continuamente también la colaboración en las actividades I+D+i y la capacitación de los recursos. La definición de la política de VT/IC, que forma parte de la política de I+D+i, se incluye en el apartado 2.5.2.1.

Una vez implantado y rodado el SiGIDi, la start-up llevó a cabo un análisis del entorno tecnológico y comercial (apartados 2.5.2.1 y 2.5.2.2), el cual determinó que: (i) la tendencia del mercado se decanta por Android; (ii) las apps que tienen más éxito son las que incorporan capacidades sociales; y (iii) la tendencia tecnológica con mayor proyección en el mercado tecnológico general es Big Data. Por otra parte la start-up analizó sus capacidades (apartado 2.5.2.3) y determinó que: (i) los proyectos de I+D+i anteriormente realizados no han sido lo suficientemente ambiciosos, si bien se han alcanzado siempre los objetivos establecidos en

ellos; (ii) el personal tiene capacidades en el entorno de desarrollo para Android; y (iii) cuenta con un experto en tecnologías de gestión de la información. Además analizó la información relativa a colaboradores habituales y potenciales (apartado 2.5.3.3), determinando que podría contar con socios relevantes en las tecnologías identificadas.

A partir de estos análisis realizados, en una posterior revisión del SiGIDi la start-up confirma sus líneas estratégicas y decide incluir entre ellas los servicios de componente social y el Big Data, desde el punto de vista de su incorporación a las apps. Además incrementa los niveles de novedad en los que se debe centrar la I+D+i en la organización, asumiendo la necesidad de obtener resultados más innovadores, y deja abierta la posibilidad de incorporación en los proyectos de I+D+i de nuevos ámbitos no identificados a priori (por ejemplo, a partir de ideas propuestas por colaboradores).

2.5.1.4 Planificación del sistema de gestión de la I+D+i

La norma UNE 166000 (AENOR, 2006a) incluye la definición de plan de I+D+i, como *“documento que especifica las actividades, recursos y resultados necesarios para alcanzar los objetivos establecidos en la política de I+D+i”*. Como puede verse, esta definición es incoherente con la que la misma norma establece para la política de I+D+i, ya que especifica que ésta constituye el marco para la definición de los objetivos de I+D+i, no que se definen en ella, al contrario de lo que indica en la definición de plan de I+D+i. Debido a que en las normas de referencia (AENOR, 2014; CEN 2013) no se proporciona una definición de planificación de I+D+i, en esta tesis doctoral se ha tomado como referencia los SGCs, donde se define el concepto de planificación de la calidad (ISO, 2005) como *“la parte de la gestión de la calidad enfocada al establecimiento de los objetivos de la calidad y a la especificación de los procesos operativos necesarios y de los recursos relacionados para cumplir los objetivos de la calidad”*. De forma análoga la planificación de I+D+i se definiría como *“la parte de la gestión de la I+D+i enfocada al establecimiento de los objetivos de la I+D+i y a la especificación de los procesos operativos necesarios y de los recursos relacionados para cumplir los objetivos de I+D+i”*.

De la misma forma, a la hora de definir los objetivos de I+D+i se toma como base la definición correspondiente a los SGCs (ISO, 2005), donde se especifica que *“la política de la calidad y los objetivos de la calidad se establecen para proporcionar un punto de referencia para dirigir la organización. Ambos determinan los resultados deseados y ayudan a la organización a aplicar sus recursos para alcanzar dichos resultados. La política de la calidad proporciona un marco de referencia para establecer y revisar los objetivos de la calidad. Los objetivos de la calidad tienen que ser coherentes con la política de la calidad y el compromiso de mejora continua, y su logro debe poder medirse. El logro de los objetivos de la calidad puede tener un impacto positivo sobre la calidad del producto, la eficacia operativa y el desempeño financiero y, en consecuencia, sobre la satisfacción y la confianza de las partes interesadas”*. Por lo tanto la definición de objetivos de I+D+i propuesta en esta tesis doctoral será la siguiente: *“elemento del SiGIDi que se establece tomando como marco la política de I+D+i, deben ser coherentes con ésta, y junto con ella proporcionan un punto de referencia para dirigir la I+D+i en la organización. Ambos determinan los resultados deseados y ayudan a la organización a aplicar sus recursos para alcanzar dichos resultados. El logro de los objetivos de la I+D+i debe poder medirse, y puede tener un impacto positivo sobre los proyectos de I+D+i, la eficacia operativa y el desempeño financiero y, en consecuencia, sobre la satisfacción y la confianza de las partes interesadas”*. La norma UNE 166000 (AENOR, 2006a) define objetivo de I+D+i como *“fin de carácter general con origen en la política de I+D+i que una organización se marca a sí misma, y que debe estar*

cuantificado, cuando sea posible”, definición menos completa que la proporcionada en esta tesis doctoral.

Análisis normativo

En lo que se refiere a los aspectos de planificación, las normas de referencia (AENOR 2014; CEN, 2013) contemplan dos: el análisis de riesgos y oportunidades y los objetivos de I+D+i.

Las normas indican que al planificar el SiGIDi la organización debe determinar los riesgos y oportunidades y, posteriormente debe planificar acciones para tratarlos (apartado 2.5.2.4). Sin embargo las normas también hablan de otro tipo de acciones, sin incluirlas en la planificación de I+D+i, principalmente acciones correctivas para no conformidades y acciones correctivas y de mejora de la eficacia y los resultados del SiGIDi (apartado 2.5.5.5). Debido a que las acciones de cualquier tipo, lógicamente, deben ser planificadas, en el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i se decide que en estos procesos se identifiquen las acciones correspondientes y sean incluidas dentro de la planificación del SiGIDi. Por lo tanto la planificación del SiGIDi no será un elemento estático, sino que se modificará continuamente a medida que se desarrollen las distintas actividades de I+D+i.

Debido a que la planificación de I+D+i incluye los objetivos de I+D+i, y esos a su vez abarcan todas las actividades del SiGIDi en el marco de la política de I+D+i, se considera que el momento para realizar una primera planificación del SiGIDi (en su conjunto) es una vez se ha establecido el entorno estratégico.

En relación a los procesos operativos de I+D+i, su planificación no estará fijada de antemano, sino que vendrá determinada por los objetivos de I+D+i (por ejemplo, un objetivo puede establecer la presentación de tres propuestas para obtener financiación en una línea estratégica determinada, dependiendo su planificación del lanzamiento de las convocatorias correspondientes). En el caso de los procesos de soporte a la I+D+i (recursos de I+D+i, creatividad, colaboración, etc.) su planificación dependerá de los objetivos de I+D+i y de las necesidades determinadas por los procesos operativos de I+D+i (por ejemplo, para lanzar un proyecto de I+D+i previamente se planifican acciones de creatividad para la generación de ideas), a los que proporcionan soporte.

Respecto a los objetivos de I+D+i, de acuerdo con las normas de referencia (AENOR 2014; CEN, 2013), la organización debe establecerlos en las funciones y niveles pertinentes. La norma europea (CEN, 2013) establece que los objetivos de I+D+i deben ser coherentes con la visión y la estrategia de I+D+i, y, mientras que la norma española (AENOR, 2014) indica que deben serlo con la política de I+D+i. Como en el modelo propuesto en esta tesis se ha decidió incluir la política de I+D+i como marco de referencia para el establecimiento de los objetivos de I+D+i, de la misma forma se decide que deberán ser coherentes con ella. Además, como esta política es coherente con la estrategia de I+D+i, y esta a su vez lo es con la misión de I+D+i, se salvaguardan todas las indicaciones normativas. Así mismo ambas normas establecen que los objetivos de I+D+i deben ser comunicados, medibles y factibles, monitorizados, y actualizados cuando corresponda. Por otro lado la organización debe mantener información documentada de los objetivos de I+D+i, y al planificar cómo alcanzarlos, debe determinar las actividades, recursos, responsabilidades y plazos, y también establecer indicadores para monitorizar su cumplimiento.

Por otra parte la norma UNE 166000 (AENOR, 2006a) define meta de I+D+i como *“requisito detallado de actuación, cuantificado cuando sea posible, aplicable a la organización o aparte de la misma, que proviene de los objetivos de I+D+i y que debe*

establecerse y cumplirse en orden a alcanzar dichos objetivos”. Por lo tanto los objetivos de I+D+i estarán compuestos por metas, y éstas, a su vez, constarán de un conjunto de acciones y podrán tener indicadores para su medición.

Las principales normas de referencia no tratan las responsabilidades en cuanto a la planificación. En la anterior versión de la norma española (AENOR, 2006c) se indica que la alta dirección debe asegurarse de que se realiza la planificación del SiGIDi y que la UGIDi es la encargada de hacerlo. En el modelo propuesto, siendo coherentes con esto y con las decisiones adoptadas en los apartados anteriores se establece que la planificación del SiGIDi, será elaborada por la UGIDi, bajo la supervisión de la dirección de I+D+i.

Modelo propuesto

A continuación se explica en detalle la planificación del SiGIDi dentro del modelo propuesto, en base a las consideraciones establecidas en el análisis normativo. En primer lugar se detallan los elementos que lo componen y las relaciones entre los mismos.

El primer elemento de la planificación serán los objetivos de I+D+i. El elemento de entrada para su establecimiento será la política de I+D+i, con la que deberán guardar coherencia. Cada objetivo de I+D+i estará compuesto por los siguientes elementos: (i) descripción del objetivo; (ii) su peso respecto al conjunto de los objetivos (para poder medir el cumplimiento global); (iii) indicador de cumplimiento del objetivo (cada indicador tendrá una unidad de medida, un valor objetivo y el valor actual); y (iv) sus metas. Cada meta de I+D+i, por su parte, constará de: (i) acciones planificadas para su cumplimiento (cada acción tendrá un responsable, el proceso o actividad del SiGIDi con la que se corresponde y un plazo previsto); y (ii) opcionalmente un indicador de cumplimiento de la meta.

En segundo lugar se incluye la planificación de los distintos tipos de acciones propuestas en el resto de actividades del SiGIDi (y posteriormente aprobadas). Cada acción estará compuesta por los siguientes elementos: (i) descripción de la acción; (ii) proceso o actividad del SiGIDi; (iii) responsable; (iii) y plazo previsto.

Por último se incluye la planificación de las principales actividades del SiGIDi, para las cuales simplemente se establecen las fechas para su realización.

Respecto a los actores involucrados, la UGIDi será la responsable de establecer la planificación, bajo la supervisión de la dirección de I+D+i, en la revisión por la dirección.

La Figura 13 representa los elementos que componen la planificación del SiGIDi, las relaciones entre los mismos y las entradas por parte de otros procesos y elementos del modelo propuesto para la gestión de la I+D+i:

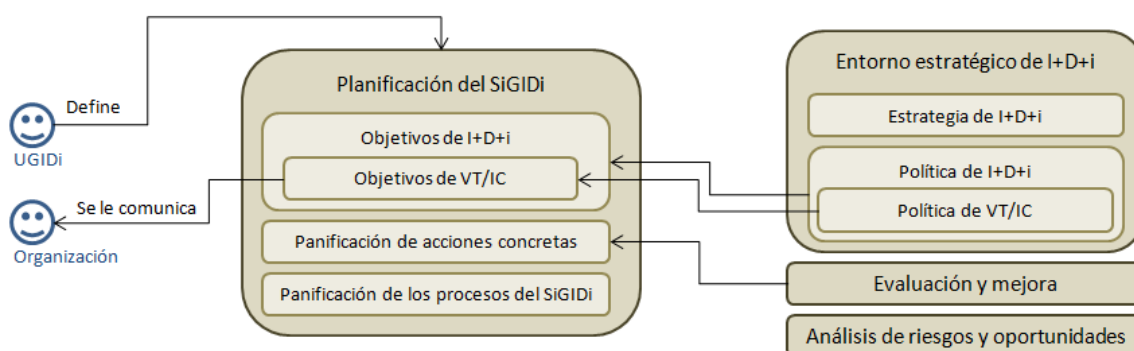


Figura 13. Representación del modelo propuesto para la planificación del SiGIDi

Caso de ejemplo del modelo propuesto

En el ejemplo propuesto la start-up elabora una serie de objetivos de I+D+i, en línea con la política y estrategias de I+D+i. La Tabla 4 muestra a modo de ejemplo la definición de uno de estos objetivos de I+D+i, que está relacionado con la línea estratégica de la plataforma Android y con la política de I+D+i en varios aspectos (obtención y explotación de resultados, financiación, capacitación, etc.). Este ejemplo representa una visión simplificada del modelo propuesto, ya que en él se omiten las metas y sus indicadores, representándose directamente las acciones establecidas para su cumplimiento.

Objetivo de I+D+i 1: Plataforma Android						
Descripción	Realizar desarrollos innovadores en la plataforma Android que habiliten la introducción de la empresa en este mercado				Peso	50%
	Indicador	Descripción	Desarrollos obtenidos y explotados			
	Valor objetivo	2	Valor actual	1	Grado de cumplimiento	40%
Acciones						
Acción		Proceso		Responsable	Plazo	
Formar al personal en la plataforma Android		Recursos de I+D+i			3 meses	
Generar ideas innovadoras		Gestión de ideas		UGIDi	4 meses	
Obtener financiación para realizar un proyecto de I+D+i		Gestión de la cartera de proyectos I+D+i		UGIDi	6 meses	
Realizar el proyecto		Proyecto de I+D+i		UIDi ⁷⁸	1 año	
Explotar los resultados en un cliente		Explotación		UGIDi	1,5 años	

Tabla 4. Ejemplo de definición de objetivo de I+D+i

Otros objetivos de I+D+i equivalentes serían los relacionados con las líneas estratégicas referentes a servicios sociales y Big Data. En este último caso, entre las acciones se podrían incluir búsqueda de colaboradores (dado a su escaso conocimiento en este campo), buscar financiación en el programa H2020 (donde hay una línea específica de Big Data), etc.

Dentro de los objetivos de I+D+i la start-up incluye objetivos de VT/IC, los cuales se presentan en el apartado 2.5.2.1.

A la hora de realizar la planificación de los procesos no operativos del SiGIDi (por ejemplo, análisis externo e interno) la start-up define las fechas de su realización. Además, incluye la planificación de los procesos operativos y de soporte de manera dinámica.

En relación al análisis de riesgos y oportunidades, la start-up detecta aspectos ventajosos y limitantes (tanto internos como externos), por lo que planifica acciones concretas en distintos procesos del SiGIDi. Por último la start-up, tras realizar la evaluación del desempeño del SiGIDi, incluyó en la planificación una serie de acciones correctivas y de mejora, entre las que se encuentra el rediseño del proceso de creatividad, dado que no consideró satisfactorio el número de ideas propuestas por el personal de la empresa.

⁷⁸ Unidad de I+D+i (apartado 2.5.3.1 Estructura organizativa del sistema de gestión de la I+D+i)

2.5.2 Entorno analítico

Una vez establecidos los elementos estratégicos la organización aún no está capacitada para gestionar de forma idónea los procesos operativos de I+D+i, ya que es necesario analizar los entornos interno y externo de la organización, para tener el conocimiento necesario para orientar los resultados de I+D+i, garantizando la idoneidad y competitividad tanto a nivel tecnológico como de mercado, y la viabilidad de su obtención a partir de las capacidades de la organización. Además, gracias a este análisis se pueden detectar oportunidades y amenazas para la obtención de los resultados esperados. En resumen, el entorno estratégico orienta los análisis a realizar, y ambos orientan los procesos operativos de I+D+i para que los resultados obtenidos por estos sean viables, competitivos, y alineados con lo que la organización espera.

Previamente a la descripción del modelo propuesto para el entorno analítico es necesario explicar cómo se ha decidido diferenciar en el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i los procesos de VT/IC (apartado 2.5.2.1), análisis externo (apartado 2.5.2.2), análisis interno (apartado 2.5.2.3) y análisis de riesgos y oportunidades (apartado 2.5.2.4). Esta aclaración es necesaria, ya que las normas de referencia (AENOR 2014; CEN, 2013) incluyen en el ámbito de la VT/IC el análisis de ciertos factores tecnológicos y de mercado, pero también, la identificación de riesgos y oportunidades. Además en el análisis externo indican que “*se deben identificar los retos presentes y futuros*” y, en el de riesgos y oportunidades, que “*se deben determinar los riesgos y oportunidades que es necesario tratar*”, lo cual no aporta una diferenciación clara. Por último en el apartado correspondiente al análisis interno las normas no especifican la necesidad de identificar estos factores.

En el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i se decide, de forma lógica, diferenciarlos de la siguiente forma: VT/IC (proporciona información para el análisis de los distintos factores externos); análisis externo (se analiza esta información y se detectan los riesgos y oportunidades correspondientes); análisis interno (se analiza la información correspondiente con el entorno interno de la organización y se detectan las fortalezas y debilidades); análisis de riesgos y oportunidades (se analizan los riesgos, oportunidades, debilidades y fortalezas detectados, proponiendo acciones en base a ellos, para su aprovechamiento o minimización respectivamente).

Para llegar a esta distinción se han analizado las prácticas habituales para la detección y análisis de riesgos y oportunidades. Como se vio en el Capítulo 1 la principal herramienta que se utiliza para esta actividad es el DAFO, en el que “amenazas” es el equivalente del concepto “riesgos”, que es el empleado en las normas de referencia (AENOR 2014; CEN, 2013). En estas normas no se tratan los factores “debilidades” y “fortalezas”, los cuales se serán tenidos en cuenta en el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i. Mediante esta herramienta se analizan distintos factores internos y externos. Los factores externos que son analizados positivamente (en el análisis se ve una situación positiva para la organización) suponen oportunidades y los que son valorados negativamente suponen amenazas. De forma equivalente los factores internos que son valorados positivamente suponen fortalezas y los que son valorados negativamente suponen debilidades. Debido a que el DAFO es la herramienta más utilizada para la realización de este tipo de análisis y que permite resolver las indefiniciones presentes en las normas de referencia entre los distintos apartados involucrados, para el modelo de la gestión de la I+D+i propuesto se ha decidido utilizarla como elemento articulador de las actividades de análisis externo, análisis interno, y análisis de riesgos y oportunidades.

2.5.2.1 Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva

De acuerdo con la anterior versión de la norma española para sistemas de vigilancia tecnológica “UNE 166006:2006 - Gestión de la I+D+i: Sistema de Vigilancia Tecnológica” (AENOR, 2006d) la vigilancia tecnológica es la herramienta que *“de manera sistemática detecta, analiza, difunde, comunica y explota las informaciones técnicas útiles para la organización, alerta sobre las innovaciones científicas y técnicas susceptibles de crear oportunidades y amenazas para la misma, investiga los hallazgos realizados para el desarrollo de productos, servicios y procesos, y en algunos casos busca soluciones tecnológicas a problemas concretos de la organización”*. El concepto de inteligencia competitiva no estaba presente en dicha versión, incluyéndose en la “UNE 166006:2011 - Gestión de la I+D+i: Sistema de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva” (AENOR, 2011), en la que se define este concepto como *“el análisis, interpretación y comunicación de información de valor estratégico acerca del ambiente de negocios, de los competidores y de la propia organización, que se transmite a los responsables de la toma de decisiones como elemento de apoyo para ajustar el rumbo y marcar posibles caminos de evolución, de interés para la organización”*. Como se ha visto en el Capítulo 1, ambos conceptos constituyen herramientas fundamentales para la gestión de la I+D+i.

Análisis normativo

Las principales normativas de referencia para la gestión de la I+D+i (AENOR 2014; CEN, 2013) no establecen cómo debe gestionarse la VT/IC, por lo que, como se explicó en el Capítulo 1, para poder obtener un modelo completo del SiGIDi, se ha decidido incorporar también como norma de referencia en este punto la “UNE 166006:2011 - Gestión de la I+D+i: Sistema de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva” (AENOR, 2011).

En primer lugar, en base a la diferenciación entre las distintas actividades del entorno analítico proporcionada en la introducción al mismo, dentro de los factores a analizar en VT/IC se decide incluir los correspondientes al análisis externo (para proporcionar una entrada útil a este análisis) definidos por las normas de referencia (AENOR 2014; CEN, 2013): *“aspectos del mercado (necesidades de los usuarios, competencia, socios, proveedores, etc.), aspectos técnicos (PI, normas, estándares, desarrollos científicos, etc.), aspectos políticos (legislación, reglamentaciones, interacción con la administración pública, etc.), aspectos económicos (situación macroeconómica, oportunidades de obtención de fondos y de deducciones fiscales, etc.), y aspectos sociales (demografía, diversidad, tendencias, impacto de la sostenibilidad, etc.)”*.

La norma de referencia para la VT/IC (AENOR, 2011) indica que debe establecerse una política de VT/IC, que es el marco de referencia para establecer y revisar los objetivos del sistema de VT/IC, y que si la organización tiene implantado un SiGIDi, esta política puede estar integrada con la de I+D+i. Por lo tanto, dentro del modelo propuesto en esta tesis doctoral se decide incorporar la política de VT/IC dentro de la política de I+D+i y, consecuentemente, los objetivos de VT/IC dentro de los objetivos de I+D+i.

Identificación de necesidades de información

Consiste en identificar las áreas de VT/IC relevantes para la organización, y los distintos productos de VT/IC que se entregarán. En primer lugar la norma indica que la determinación de las necesidades de información se puede realizar como consecuencia del análisis de los siguientes factores: *“la evolución y las distintas aplicaciones de los productos, procesos, materiales y tecnologías base de la organización, de las demandas esperadas o manifestadas por las partes interesadas, de la evolución socioeconómica, legislativa/normativa o de*

proyectos o actuaciones de la competencia”. En el modelo propuesto, estos factores (aparte de las necesidades de las partes interesadas) corresponden análisis externo. Sin embargo, como se ha visto a lo largo de este capítulo, y como se explica en el apartado 2.5.2.2, la VT/IC sirve de entrada para la realización de dicho análisis, y no al revés. Por otro lado, aunque la norma no lo especifica, en el modelo propuesto se decide que una entrada fundamental para la VT/IC sea el entorno estratégico, ya que éste marca hacia dónde deben orientarse las actividades de VT/IC, y además, recogen las líneas de I+D+i que la organización decide seguir para dar respuesta a las necesidades y expectativas de las partes interesadas.

En la definición de cada área de VT/IC se decide que es necesario incluir una descripción de dicha área, en la que se especifique hacia dónde se orientará su vigilancia, y quién o quiénes serán los responsables de realizar la vigilancia en dicha área.

Por otra parte los productos de I+D+i definidos, una vez elaborados, serán distribuidos a determinadas partes interesadas, por lo que, aunque la norma no lo especifica, en el modelado propuesto en esta tesis se decide incorporar la identificación de partes interesadas destinatarias de cada producto de VT/IC, además de qué uso darán estos destinatarios de cada producto. Un sistema de VT/IC puede implantarse para dar servicios de VT/IC a terceros, pero en el caso concreto analizado en esta tesis doctoral (la VT/IC forma parte de un SiGIDi), el uso de la VT/IC es para la gestión de la I+D+i dentro de la organización, por lo que las partes interesadas a las que se distribuirán los productos de VT/IC serán internas (por ejemplo, boletines para los empleados, informes analíticos para la dirección de I+D+i, etc.).

La norma también indica que debe elaborarse en esta fase un primer avance sobre el conjunto de fuentes de información para las áreas de VT/IC, y sobre palabras clave, operadores, criterios de selección, etc. Como estos conceptos se tratan en la fase siguiente, en el modelo propuesto se decide dejarlos fuera de la identificación de necesidades de información.

Identificación de fuentes internas y externas de información

La norma establece que las fuentes de información serán identificadas tomando como base las principales necesidades de información. Entre los posibles tipos de fuentes se identifican: *“documentación propia o relacionada con la organización; personas con conocimientos o experiencias relacionadas con las necesidades de información; contactos externos de potencial interés; organizaciones como centros públicos de investigación, universidades, centros tecnológicos, ingenierías o asesorías; fuentes documentales (revistas, catálogos, BBDD, etc.); recursos de información en Internet (portales temáticos, noticias, etc.); documentación técnica como reglamentaciones, especificaciones, patentes o normas; congresos, seminarios, ferias o exposiciones; resultados de análisis existentes sobre las tendencias de futuro como ejercicios de prospectiva, elaboración de escenarios, modelos econométricos, hojas de ruta, etc.”*. En el modelo propuesto se decide que las fuentes sean identificadas para cada área de VT/IC, debido a que, lógicamente, para distintas áreas de VT/IC las fuentes serán diferentes.

La norma también especifica que la identificación de las fuentes de información externas debe estar basada en criterios de calidad, pertinencia, objetividad y fiabilidad de las mismas, como por ejemplo su origen “oficial”, su frecuencia de actualización, la citación de autores, el grado de distribución por países de las publicaciones y de los autores de los artículos, etc. Por lo tanto, la identificación de las fuentes de información incluirá la valoración para dichos criterios por parte de los responsables de vigilancia de cada área de VT/IC.

Planificación de la realización de la VT/IC

Al estar incluida la VT/IC dentro del SiGIDi, en el modelo propuesto la planificación de la VT/IC se ha incluido en la planificación del SiGIDi (apartado 2.5.1.4), evitando así tener planificaciones paralelas dentro del mismo. Esto se traduce en la definición de objetivos de VT/IC dentro de los objetivos de I+D+i, como se explicó en dicho apartado. Por lo tanto, esta actividad será responsabilidad de la UGIDi.

La norma establece que se deben planificar y dimensionar los recursos en función de las necesidades de información detectadas, las fuentes de información y medios de acceso a las mismas. Dado que en el SiGIDi la gestión de recursos ya está contemplada en el proceso de recursos de I+D+i (apartado 2.5.3.2), se decide no incluirla específicamente en el proceso de VT/IC.

Búsqueda, tratamiento y validación de la información

Una vez establecidas las fuentes de información, la norma de referencia indica que se debe establecer una estrategia y acciones de búsqueda en las fuentes seleccionadas, la cual incluye descriptores, terminología, palabras clave, operadores utilizados, la segmentación geográfica o temporal utilizada, etc. Para la elaboración del modelo propuesto se tiene en cuenta que pueden existir fuentes en las que el/los responsable/s quiera/n consultar todos sus contenidos (por ejemplo, en fuentes de tipo RSS es usual que se consulten todas las nuevas entradas), por lo que no será obligatoria la definición de una estrategia de búsqueda en todas las fuentes. Además, para una misma fuente se pueden establecer distintas estrategias de búsqueda dependiendo de las necesidades concretas de cada momento.

Los contenidos encontrados podrán someterse a un tratamiento que permita valorar los datos obtenidos en términos de su pertinencia, fiabilidad, relevancia, calidad y capacidad de contraste. Para ello se pueden emplear técnicas cualitativas y cuantitativas. En el modelo propuesto se decide que este tratamiento se traduzca en un comentario analítico por parte del responsable o responsables del área de VT/IC en función del contenido.

Por último se deberán valorar los contenidos encontrados, para discriminar qué datos contribuyen a satisfacer las necesidades de información, en términos de fiabilidad de las fuentes, validez, oportunidad, pertinencia, relevancia y utilidad. Como las fuentes ya se han identificado en base a su fiabilidad, se decide no contemplar este primer criterio en este punto.

Dado que existen fuentes de las que se revisarán gran cantidad de contenidos, se decide que el tratamiento y validación sea necesario únicamente en los contenidos identificados como de interés para los objetivos de la vigilancia.

La norma también establece que la información se debe distribuir a las partes interesadas de la organización según sus necesidades. Si bien, como se ha visto, esta distribución de la información forma parte de la definición de los productos de VT/IC.

Productos de la VT/IC

A partir de los contenidos validados se elaboran los productos de VT/IC definidos en las necesidades de información. Estos productos pueden tener distintos niveles de análisis: bajo nivel de análisis (alertas, RSS, news, etc.), nivel medio de análisis (boletines, informes, estado del arte, etc.); y nivel profundo de análisis (estudios exhaustivos, informes para toma de decisiones, etc.). Dependiendo del nivel de análisis requerido por cada producto definido podrá ser necesaria una puesta en valor de la información. En relación a esto la norma

establece una fase anterior a la elaboración de los productos de I+D+i, en la que la información obtenida se pone en valor de cara a la toma de decisiones cuando las necesidades planteadas requieren una mayor profundidad de análisis. Esta puesta en valor pueden incluir aspectos como *“integración de datos de diversas procedencias, interpretación de la información (para determinar lo que es exacto y relevante para la toma de decisiones, incluyendo, por ejemplo, un pronóstico sobre sus consecuencias y previsible evolución), obtención del significado de los hechos analizados y de sus probables implicaciones y consecuencias para la organización, recomendaciones de actuación, etc.”*. Debido a que esta puesta en valor es una actividad intrínseca de la elaboración de los productos de VT/IC, en el modelado propuesto se decide no incluir la puesta en valor como una fase previa.

Como se ha mencionado en la fase de identificación de necesidades de información, los productos de VT/IC serán distribuidos a distintas partes interesadas (no necesariamente a todas las identificadas en el SiGIDi).

Resultados de la VT/IC

De acuerdo con la norma de referencia, los análisis realizados al elaborar los productos de VT/IC serán empleados para la toma de decisiones en relación con la gestión de la I+D+i. De hecho estos productos pueden incluir recomendaciones de actuación, a partir de las cuales el usuario final decide las acciones a tomar. El principal resultado de la VT/IC es, por lo tanto, el conocimiento adquirido por la organización, el cual se plasmará en la decisión de acciones concretas y en la identificación a partir de “señales débiles” de nuevos entornos (o el abandono de alguno de los actuales) de interés para la organización (áreas de VT/IC) para anticiparse a los cambios.

En cuanto a las acciones derivadas de la VT/IC la norma establece que pueden ser de los siguientes tipos: de anticipación (en función de la situación y a los cambios y expectativas de cambios del entorno analizado), de aprovechamiento de oportunidades (para explotar las ventajas identificadas), de reducción de riesgos (para disminuir las amenazas o superar las barreras de acceso a tecnologías y/o mercados), de líneas de mejora (para superar los desfases y minimizar las debilidades identificadas), o de I+D+i (propuestas de nuevas ideas y/o proyectos de I+D+i), cooperación (identificación de potenciales colaboradores). La norma europea (CEN, 2013) incluye también otra serie de tipos de decisiones, en relación con: proyectos a poner en marcha, redacción de los borradores de proyectos, desarrollo y lanzamiento de productos, resultados que deben protegerse, etc.

En cuanto a la identificación de nuevos entornos de interés para la organización, la norma indica que pueden establecerse en base a aspectos como *“la valoración de las opciones tecnológicas y/o de mercado, los impactos e interacciones entre tecnologías, productos y procesos, las expectativas de evolución de las tecnologías, oportunidades de inversión y comercialización, tendencias sociales, etc.”*. Por último la norma europea (CEN, 2013) indica que la VT/IC proporciona a las organizaciones análisis de valor: *“comprensión de las necesidades presentes y futuras de los clientes y del mercado para poder satisfacerlas; conocimiento acerca de la competencia; conocimiento de restricciones, oportunidades y riesgos; identificando nuevos mercados, alianzas, nuevos servicios, productos o procesos, cambios tecnológicos y normativos, elaboración de estándares, financiación, etc.”*.

De cara a la integración del proceso de VT/IC, salvaguardando las indicaciones seguidas en su norma de referencia, y guardando compatibilidad con el modelo del resto de procesos del SiGIDi, es necesario tener en cuenta que, como se explicó en la introducción al entorno analítico, a partir de la VT/IC se realizará el análisis externo, donde se identificarán riesgos y

oportunidades, que tras su análisis podrán conllevar la identificación y puesta en marcha de acciones determinadas. Así mismo, como se explicó en el apartado 2.5.1.3, el análisis externo servirá de entrada a una posible redefinición de la estrategia de I+D+i. Por lo tanto, tanto las acciones como cambios estratégicos derivados del proceso de VT/IC quedarán fuera del mismo, siendo gestionados en los procesos correspondientes. Sin embargo se decide que en los productos de nivel profundo de análisis se incluya un apartado en el que se incorporen las sugerencias correspondientes de cara a facilitar la toma de decisiones.

Respecto a los actores involucrados en la VT/IC la normativa sólo establece que la gestión de la inteligencia estratégica (así es como denomina a la VT/IC la norma europea) se debe definir e implementar bajo la dirección y autoridad de la alta dirección (CEN, 2013). En el modelo propuesto se decide (guardando coherencia con las decisiones tomadas en los apartados anteriores) la existencia de dos actores, en base a las características de estas fases. Estos actores serán el “gestor de la VT/IC” y el “responsable de área de VT/IC” (puede haber más de uno). Los gestores de la VT/IC pertenecerán a la UGIDi y llevarán a cabo la definición de necesidades de información bajo la supervisión de la dirección de I+D+i. Los responsables de área de VT/IC serán los encargados de la búsqueda, tratamiento y valoración de la información en cada área y de la elaboración de los productos asociados a ella. Estos responsables de área de VT/IC podrán pertenecer a la UGIDi (principalmente para inteligencia competitiva) o a la Unidad de I+D+i (en adelante UIDi), encargándose de la vigilancia de las áreas relacionadas con los ámbitos de los proyectos de I+D+i, ya que, como se explica en el apartado 2.5.3.1, dentro de las funciones de ambos se incluye la utilización de los factores que dan soporte a la I+D+i, entre los que se encuentra la VT/IC.

Modelo propuesto

A continuación se explica en detalle el proceso de VT/IC dentro del modelo propuesto, en base a las consideraciones establecidas en el análisis normativo. En primer lugar se detallan los elementos que lo componen y las relaciones entre los mismos.

El elemento inicial es la política de VT/IC, que formará parte de la política de I+D+i, y los objetivos de VT/IC formarán parte de los objetivos de I+D+i.

Los siguientes elementos del proceso de VT/IC serán los correspondientes a la identificación de necesidades de información, es decir, las áreas y los productos de VT/IC que se deberán elaborar para cada área (cada producto puede corresponderse con un área de VT/IC, con un conjunto o con todas ellas). La entrada para su definición será el entorno estratégico de I+D+i. Las áreas de VT/IC incluirán su descripción y el/los responsable/s de llevar a cabo la vigilancia de cada una de ellas.

En la definición de cada producto se incluirán las áreas de VT/IC para las que deberá ser cumplimentado, el nivel de análisis, y las partes interesadas internas destinatarias. También se decide que la definición de los productos de VT/IC incluirá su contenido, en forma de qué apartados deberán ser cumplimentados, en el caso de que su nivel de análisis sea medio o profundo. Por ejemplo, si el producto es un RSS en el que se comparten los contenidos seleccionados como más adecuados no será necesario elaborar un producto complejo y cumplimentar una serie de apartados, pero si se trata de un informe de estado del arte o un informe para la toma de decisiones, sí lo será. A partir de la información incluida en las distintas normas acerca los análisis a realizar, tanto en VT/IC como en el proceso de análisis externo (que tomará como entrada la información de VT/IC), se decide incluir una serie de apartados por defecto (aparte de estos, los productos pueden incluir más apartados) en los productos de cada nivel de análisis, para cubrir todos los aspectos necesarios. En los

productos de nivel medio de análisis se incluirán: aspectos del mercado (descripción y dimensionamiento del mercado, organizaciones competidoras en el mercado, principales y nuevos productos servicios y/o procesos), aspectos técnicos (principales desarrollos científico-tecnológicos, principales proyectos, principales organizaciones), y aspectos normativos (normas y estándares actuales). En los productos de nivel profundo de análisis se incluirán: aspectos de mercado (valoración y expectativas de evolución del mercado, identificación de nuevos mercados, necesidades presentes y futuras de los clientes y del mercado), aspectos técnicos (valoración de las opciones tecnológicas, expectativas de evolución de las tecnologías, colaboradores potenciales, PI de terceros y aspectos relevantes de la legislación de PI), aspectos legislativos y normativos (análisis del entorno legislativo, análisis del entorno normativo), aspectos económicos (oportunidades de financiación) y soporte a la toma de decisiones (propuesta de nuevas áreas de VT/IC, propuesta de inclusión de desarrollos tecnológicos en los productos de la organización, propuesta de líneas para proyectos de I+D+i, propuesta de socios para proyectos de I+D+i, propuesta de posibilidades en la gestión de la PI).

Cada área de VT/IC tendrá asociadas unas fuentes de información (una fuente de información puede estar asociada a más de un área de VT/IC). Existirá un conjunto de criterios para la selección de las fuentes (calidad, pertinencia, objetividad y fiabilidad), y para cada una de las fuentes seleccionadas se incluirán los valores que adoptan los distintos criterios de valoración, los cuales habrán determinado su selección. Para cada fuente se incluirá su tipo y forma de acceso a la misma, además de una o más (o ninguna) estrategias de búsqueda, si las necesidades lo requieren.

Los contenidos considerados de interés incluirán, aparte de su información explícita (título, url, texto, etc.), el tratamiento del mismo (comentario analítico por parte del responsable del área de VT/IC) y la su valoración en base a los criterios establecidos (pertinencia y utilidad, relevancia, y calidad y validez).

Dentro del modelo propuesto, la elaboración de los productos de VT/IC (a partir del análisis de los contenidos encontrados, tratados y valorados) puede consistir en, desde una mera publicación de un determinado contenido para productos de bajo nivel de análisis, hasta la cumplimentación de los apartados definidos para un producto de nivel medio o profundo de análisis. Además se establece que los estudios tecnológicos realizados como parte de un proyecto de I+D+i pueden servir de entrada a la elaboración de dichos productos de VT/IC, o constituir productos de VT/IC en sí mismos.

Los resultados del proceso de VT/IC serán principalmente contenidos (por ejemplo, información de estado del arte de una tecnología para incluir en una propuesta o como soporte a la evaluación de ideas) y acciones o decisiones (por ejemplo, la inclusión de un nuevo entorno de interés para la organización, o de una nueva línea estratégica para el desarrollo de proyectos de I+D+i). Por último se han identificado dos actores involucrados en la VT/IC. El “gestor de la VT/IC” pertenecerá a la UGIDi y llevará a cabo la definición de necesidades de información, bajo la supervisión de la dirección de I+D+i, y podrá participar en la elaboración de productos de VT/IC. Cada “responsable de área de VT/IC” podrá pertenecer a la UGIDi o a la UIDi y realizará la búsqueda, tratamiento y valoración de la información, y podrá participar en la elaboración de los productos de VT/IC.

La Figura 14 representa los elementos que componen el proceso de VT/IC, las relaciones entre los mismos y las entradas por parte de otros procesos y elementos del modelo propuesto para la gestión de la I+D+i:

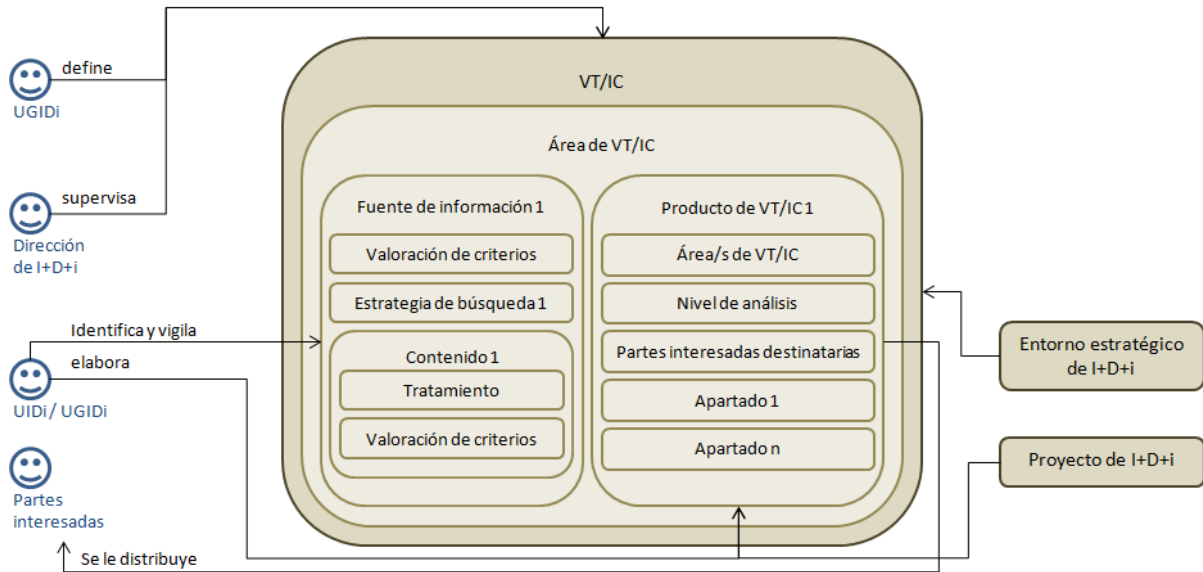


Figura 14. Representación del modelo propuesto para la VT/IC

Caso de ejemplo del modelo propuesto

La start-up del caso de ejemplo definió su política de VT/IC (incluida en la política de I+D+i) de la siguiente forma (resumidamente): compromiso con el cumplimiento de los requisitos de la norma UNE166002:2011, y con la mejora continua de la VT/IC; las actividades de VT/IC se centrarán en áreas relativas a apps móviles y otras tecnologías habilitadoras para la incorporación de innovaciones a éstas; las actividades de VT/IC también se encaminarán a analizar el mercado, poniendo especial atención en tendencias, productos existentes, y competidores; la VT/IC se considera una herramienta esencial para la divulgación dentro de la organización de noticias y otros tipos de contenidos relacionados con la estrategia de la empresa; la VT/IC se considera una herramienta esencial para orientar la toma de decisiones de cara al lanzamiento de las propuestas de I+D+i, proporcionando información analítica de las tendencias tecnológicas y de mercado, y del ámbito de la investigación en las distintas áreas de VT/IC, además de información acerca de los requerimientos de los organismos financiadores, esencial para la obtención de financiación a través de propuestas de I+D+i. A partir de la política de VT/IC la start-up elaboró los objetivos de VT/IC, como parte de la planificación del SiGIDi. La Tabla 5 muestra un ejemplo de definición de un objetivo de VT/IC, incluido dentro de los objetivos de I+D+i. Al igual que en el apartado 2.5.1.4, este ejemplo representa una visión simplificada del modelo propuesto.

Objetivo de I+D+i 1: Plataforma Android						
Descripción	Obtener información estratégica sobre el entorno tecnológico, para explorar nuevas tecnologías que aplicar a las apps.				Peso	10%
Indicador	Descripción	Obtención de un informe para la toma de decisiones				
	Valor objetivo	1	Valor actual	1	Grado de cumplimiento	100%
Acciones						
Acción	Proceso			Responsable	Plazo	
Seleccionar fuentes	Selección de fuentes			UGIDi	1 mes	
Buscar y analizar contenidos	Búsqueda tratamiento y validación de contenidos			UGIDi	4 meses	
Elaborar el producto	Producto de VT/IC			UGIDi	6 meses	

Tabla 5. Ejemplo de definición de objetivo de VT/IC

En un primer momento la start-up identificó como única área de VT/IC (i) la plataforma Android, y una vez el SiGIDi se implantó y estuvo en funcionamiento, decidió incluir a partir de los resultados de las distintas actividades de I+D+i (ii) servicios de componente social y (iii) Big Data. Como responsables de cada área de VT/IC se incluyeron a los expertos en desarrollo en la plataforma Android y en gestión de la información, para las áreas de VT/IC de Android y Big Data respectivamente, además de un miembro de la UGIDi en cada una de esas áreas y en el área de servicios de componente social. Por otro lado decidió que los productos de VT/IC a elaborar serían los siguientes: (i) Blog de VT/IC (publicación de entradas por parte de la UIDi en base al interés que se considere que pueden tener para el personal de la compañía, las cuales serán elaboradas a partir de uno o más de los contenidos encontrados y valorados positivamente); (ii) informes de estado del arte (descripción por parte de la UIDi de aspectos tanto tecnológicos, como de mercado, y normativos, aplicándose en la definición de las propuestas de I+D+i, al permitir relacionar las innovaciones propuestas en ellas con el estado actual del área de VT/IC); y (iii) informes para la toma de decisiones (la UGIDi realiza una descripción de las expectativas de evolución del área, tanto en aspectos tecnológicos, como de mercado, y normativos, incluyendo propuestas de acciones sobre los proyectos de I+D+i a llevar a cabo, y aplicándose en la definición de propuestas de I+D+i, y en las distintas actividades de I+D+i relacionadas).

A partir de estas definiciones los responsables de cada área determinaron las fuentes de VT/IC y buscaron, trataron, valoraron y analizaron los contenidos encontrados, a partir de los cuales elaboraron los productos de VT/IC. Como conclusiones principales en estos productos (resultados de la VT/IC) en un primer momento se propuso llevar a cabo proyectos de I+D+i relacionados con la plataforma Android, ya que se descubrió que la tendencia del mercado se estaba decantando por las apps de esta plataforma. En una posterior revisión de los productos de VT/IC se propuso incluir en los proyectos de I+D+i capacidades sociales a las apps, al ser este tipo de apps las que más éxito tienen, y realizar acciones de I+D+i relacionadas con las tecnologías Big Data, ya que es la tendencia tecnológica con mayor proyección en el mercado tecnológico general, proponiendo que se estudie la forma de integrar esta tecnología en las apps a desarrollar por la empresa. También se incluyeron propuestas de colaboradores, en concreto una empresa experta en servicios de componente social y un grupo de investigación experto en Big Data.

En un primer momento la VT/IC orientada a este objetivo se realizó en base a análisis de información externa, pero tras la realización de un proyecto de I+D+i (apartado 2.5.5.2), los estudios realizados en el mismo sirvieron para enriquecer ese primer análisis.

2.5.2.2 Análisis externo

El análisis externo consiste en examinar y analizar el entorno externo con regularidad, para identificar los desafíos presentes y futuros (AENOR 2014; CEN, 2013).

Análisis normativo

Para ello las principales normas de referencia (AENOR 2014; CEN, 2013) indican que la organización debe determinar los aspectos externos que son pertinentes para su propósito. En el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i en esta tesis doctoral estos aspectos serán coherentes con el entorno estratégico de I+D+i (que a su vez lo es con el entorno estratégico de la organización) en su conjunto (misión, visión y estrategia de I+D+i) y los objetivos de I+D+i, ya que sirven como base al análisis de riesgos y oportunidades y, como se explica en el apartado 2.5.2.4, estos riesgos y oportunidades se tratan para asegurar que el sistema logra los resultados previstos.

Los aspectos que se consideran (analizan) en el análisis externo también han sido tratados en el apartado 2.5.2.1, debido a que el proceso de VT/IC sirve de entrada al de análisis externo (en concreto los productos de I+D+i de nivel medio y profundo de análisis). También en dicho apartado, y en la introducción al entorno analítico, se mencionó la estrecha relación entre el proceso de análisis externo y el de análisis de riesgos y oportunidades, identificándose en el primero los riesgos y oportunidades que serán analizados por el segundo. Además, en dicha introducción se explicó también que la herramienta a través de la cual se realizará el análisis externo será el DAFO, identificando oportunidades y amenazas en base a la valoración positiva o negativa de los distintos aspectos del análisis.

En relación a los aspectos a analizar, las normas de referencia (AENOR 2014; CEN, 2013) establecen los siguientes: aspectos del mercado (necesidades de los usuarios, competencia, socios, proveedores, etc.), aspectos técnicos (propiedad intelectual e industrial, normas, desarrollos científicos, etc.), aspectos políticos (legislación, reglamentaciones, interacción con la administración pública, etc.), y aspectos económicos (situación macroeconómica, oportunidades de obtención de fondos y de deducciones fiscales, etc.). La norma europea, así mismo, establece aspectos sociales (demografía, diversidad, tendencias, impacto en la sostenibilidad, etc.). De igual forma que estos aspectos se tuvieron en cuenta a la hora de definir los apartados de los productos de VT/IC de nivel medio y profundo de análisis, se decide incorporar a los aspectos de análisis externo aspectos que la norma de gestión de la VT/IC (AENOR, 2011) establece como salidas de dicho proceso (e incorporados a su modelo), ya que se considera que enriquecen el análisis. Por último no se considera obligatoria la incorporación de los aspectos sociales, ya que ésta depende del ámbito de actuación de la I+D+i en cada organización.

Respecto a los actores involucrados la normativa no establece responsabilidades concretas, pero indica que la UGIDI es la encargada de la gestión de la I+D+i en general, por lo que será la responsable de gestionar este proceso.

Modelo propuesto

A continuación se explica en detalle el proceso de análisis externo dentro del modelo propuesto, en base a las consideraciones establecidas en el análisis normativo.

Las entradas al análisis externo serán el entorno estratégico de I+D+i, los objetivos de I+D+i y los productos de VT/IC de nivel medio y profundo de análisis. El modelo consiste en una serie de aspectos que cada organización deberá definir. En el modelo propuesto los aspectos por defecto (cada organización podrá incorporar otros aspectos que considere oportunos, como aspectos sociales, o aspectos adicionales en las categorías aquí establecidas) están en línea con la información proporcionada por el proceso de VT/IC, y son los siguientes: (i) aspectos de mercado (descripción y dimensionamiento del mercado, organizaciones competidoras en el mercado, principales y nuevos productos servicios y/o procesos, valoración y expectativas de evolución del mercado, identificación de nuevos mercados, necesidades presentes y futuras de los clientes y del mercado); (ii) aspectos técnicos (principales desarrollos científico-tecnológicos, principales proyectos, principales organizaciones, valoración de las opciones tecnológicas, expectativas de evolución de las tecnologías, PI); (iii) aspectos legislativos y normativos (legislación actual, previsión de cambios legislativos, normas y estándares actuales, previsión de cambios normativos); y (iv) aspectos económicos (oportunidades de financiación). Para cada uno de estos aspectos, en el modelo propuesto se incluye la siguiente información: (i) peso del aspecto, ya que puede haber aspectos que la organización considere más importantes que otros (el conjunto de todos los pesos deberá sumar 100); (ii) análisis del aspecto (descripción textual en base a la

información proporcionada por los productos de VT/IC), y (iii) valoración (valor entre -10 y +10 que dirimirá si el aspecto supone una amenaza o una oportunidad respectivamente). Aparte del análisis de los distintos aspectos se incluirá tras estos un análisis global del entorno externo en relación a la organización analizada. Por último la UGIDi será la responsable de realizar el análisis externo.

La Figura 15 representa los elementos que componen el proceso de análisis externo, las relaciones entre los mismos y las entradas por parte de otros procesos y elementos del modelo propuesto para la gestión de la I+D+i:

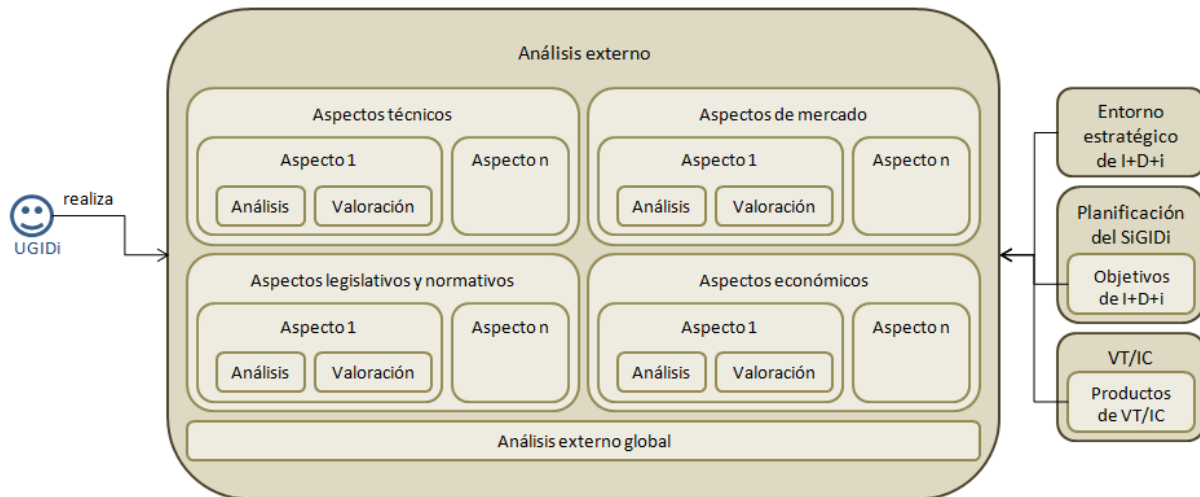


Figura 15. Representación del modelo propuesto para el análisis externo

Caso de ejemplo del modelo propuesto

Para ilustrar el modelo para el análisis externo a partir del ejemplo propuesto, en la Tabla 6 se expone de forma resumida (tratando los aspectos a nivel de categoría, no todos los aspectos concretos) como la start-up de apps para móviles realizó el análisis externo en un estado avanzado del SiGIDi (tras su implantación y una primera revisión del mismo).

Aspecto	peso	Análisis	Valor
De mercado	45%	La VT/IC detectó que la tendencia del mercado de móviles es muy prometedora, y que ésta se decanta por la plataforma Android. Las capacidades sociales y el Big Data son las que mayor proyección se les supone en el mercado. Existen competidores importantes, pero las características del mercado hacen que las empresas pequeñas puedan jugar un papel importante. Por todo ello, el mercado es, claramente, una oportunidad para alcanzar los objetivos del SiGIDi.	9
Técnicos	30%	Las tendencias en las tecnologías analizadas (Android, tecnologías sociales y Big Data) son muy positivas. Se identificaron posibles colaboradores en servicios de componente social y en Big Data.	8
Legislativos y normativos	5%	No se detectaron factores de este tipo relevantes para el SiGIDi, por lo que no se consideran como un riesgo u oportunidad.	0
Económicos	20%	Se detectan importantes oportunidades de financiación en proyectos europeos para Big Data: “Big data and Open Data Innovation and take-up (ICT-15-2014)” y “Big data research (ICT-16-2015)”, y tecnologías sociales “Technologies for creative industries, social media and convergence (ICT-19-2015)”	8

Tabla 6. Ejemplo de análisis externo

Como análisis general, la start-up concluye que el entorno externo supone una oportunidad, tanto en los aspectos técnicos como económicos y de mercado. Por otra parte los aspectos legislativos y normativos no suponen ni un riesgo ni una oportunidad. Así mismo, se identificó que el análisis externo, en base a los pesos de cada aspecto, supone una oportunidad al 80,5%.

La Figura 16 representa la valoración de las amenazas y oportunidades identificadas.

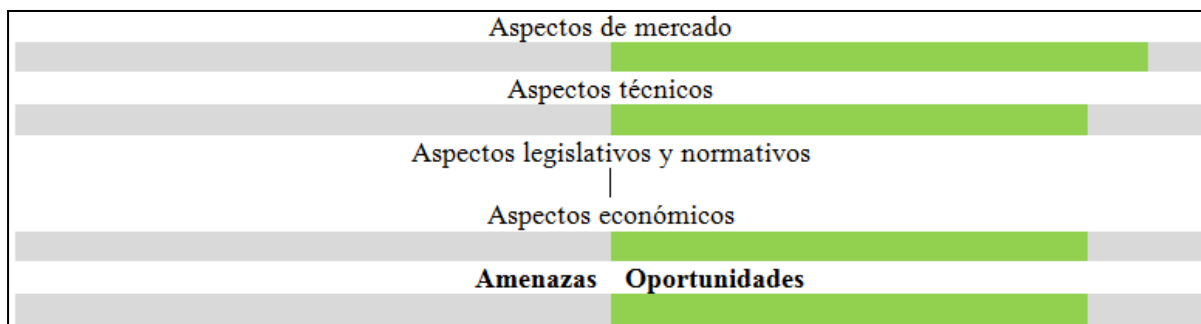


Figura 16. Valoración de amenazas y oportunidades identificadas

2.5.2.3 Análisis interno

El análisis interno consiste en el análisis de las capacidades actuales y futuras de la organización en relación con la gestión de la I+D+i, además de la estructura actual de la misma y los mecanismos de integración entre sus diferentes partes, para establecer los cambios necesarios para mejorar las capacidades analizadas y contribuir efectivamente a la generación de ideas innovadoras (AENOR 2014; CEN, 2013) (AENOR, 2006c).

Análisis normativo

Las principales normas de referencia (AENOR 2014; CEN, 2013) indican que la organización debe determinar los aspectos internos que afectan a su capacidad para lograr los resultados previstos en su SiGIDi. En el modelo propuesto, al igual que en el caso del análisis externo, también se considera necesario tener en cuenta el entorno estratégico de I+D+i y los objetivos de I+D+i, ya que este análisis también sirve como base al análisis de riesgos y oportunidades para asegurar que el sistema logra los resultados previstos.

De acuerdo con las normas de referencia (AENOR 2014; CEN, 2013) el análisis interno debe tener en cuenta los siguientes aspectos (todos ellos referidos a I+D+i): *“las prácticas de gestión de la I+D+i existentes y la aplicación de otras normas sobre sistemas de gestión; aspectos culturales, como la actitud y el compromiso hacia la I+D+i en los distintos niveles de la organización, o el desarrollo de la colaboración interna; aspectos referentes a la capacidad, como las competencias existentes y necesarias, las instalaciones, el equipamiento y la capacidad de inversión (referidas a la I+D+i); aspectos operativos, como modelos empresariales, procesos, productos y servicios, incluidas las consideraciones de sostenibilidad; aspectos de desempeño, como logros y fracasos en el pasado reciente”*.

En el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i, a la hora de realizar el análisis de los aspectos de capacidad se utilizará como entrada la información procedente del proceso de recursos de I+D+i (apartado 2.5.3.2). Para realizar el análisis de los aspectos de desempeño se utilizará como entrada la información procedente de los procesos de gestión integrada de la cartera de proyectos (apartado 2.5.5.1) y de explotación de los resultados de I+D+i (apartado 2.5.5.3). Como puede verse, no existe información procedente de otros procesos de I+D+i que sirva de entrada para todos los aspectos a analizar, sino que será necesario también contar

con información genérica procedente de distintas actividades de la organización (SGC, productos y servicios, etc.), para los cuales se requerirá la colaboración de distintos departamentos (calidad, marketing, etc.).

De manera operativa el enfoque de esta actividad será similar a la de análisis externo, quedando el modelo propuesto para ella de la forma que se detalla a continuación.

Modelo propuesto

A continuación se explica en detalle el proceso de análisis interno dentro del modelo propuesto, en base a las consideraciones establecidas en el análisis normativo.

En primer lugar las entradas al proceso de análisis interno serán el entorno estratégico de I+D+i y los objetivos de I+D+i. El modelo consiste básicamente en una serie de aspectos que cada organización deberá definir. En el modelo propuesto los aspectos por defecto son los siguientes: (i) prácticas de gestión de la I+D+i; (ii) aspectos culturales (compromiso hacia la I+D+i, colaboración interna); (iii) aspectos de capacidad (competencias existentes y necesarias, instalaciones y equipamiento, capacidad de inversión) que tendrán como entrada el proceso de recursos de I+D+i; (iv) aspectos operativos (modelos empresariales, procesos, productos y servicios, consideraciones de sostenibilidad); y (v) aspectos de desempeño, que tendrán como entrada los procesos de gestión integrada de la cartera de proyectos y de explotación de los resultados de I+D+i.

Para cada uno de estos aspectos, en el modelo propuesto se incluye la misma información que en el análisis externo (peso, análisis y valoración) y, de la misma forma, aparte del análisis de los distintos aspectos se incluirá al final un análisis global del entorno interno. Por último, al igual que sucedía en el análisis externo, la responsabilidad de la gestión del proceso de análisis interno recaerá en la UGIDI.

La Figura 17 representa los elementos que componen el proceso de análisis interno, las relaciones entre los mismos y las entradas por parte de otros procesos y elementos del modelo propuesto para la gestión de la I+D+i:

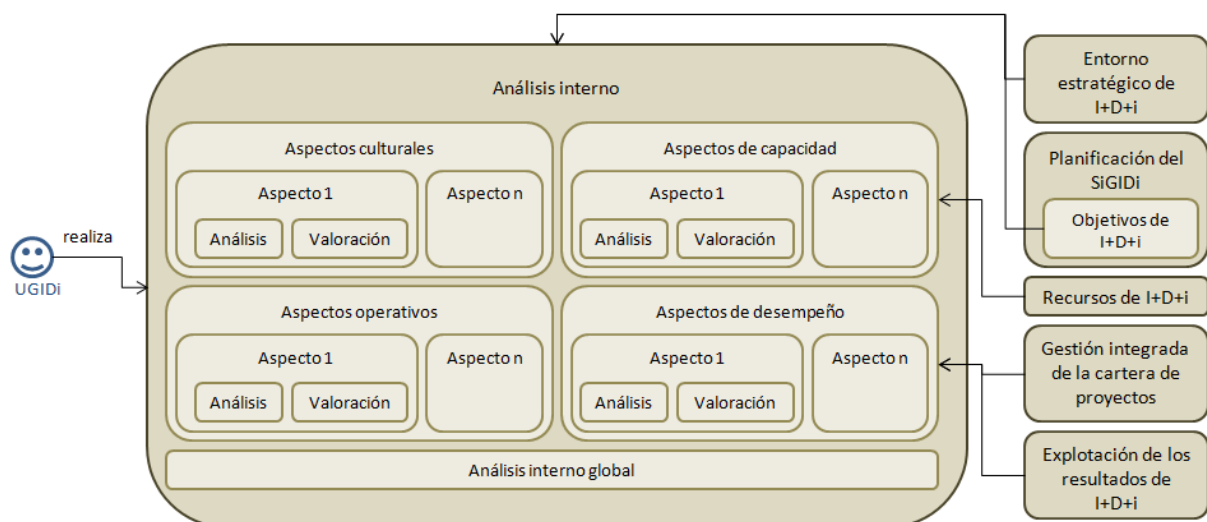


Figura 17. Representación del modelo propuesto para el análisis interno

Caso de ejemplo del modelo propuesto

Para ilustrar el modelo para el análisis interno a partir del ejemplo propuesto, en la Tabla 7 se expone la forma resumida (tratando los aspectos a nivel de categoría, no todos los aspectos concretos) cómo la start-up de apps para móviles realizó dicho análisis en un estado avanzado del SiGIDi (tras su implantación y una primera revisión del mismo).

Aspecto	peso	Análisis	Valor
Gestión de la I+D+i	10%	La empresa no tiene otros sistemas de gestión implantados y el SiGIDi no está suficientemente rodado.	-3
Aspectos culturales	25%	Es una empresa pequeña en la que todos los componentes se encuentran comprometidos en todas las actividades. El SiGIDi es relativamente nuevo, pero han demostrado su implicación en el mismo y la colaboración entre todos los empleados es fluida.	8
Aspectos de capacidad	30%	Al ser un aspecto relativamente nuevo para todos los componentes de la empresa, las capacidades en I+D+i no están suficientemente desarrolladas, y eso les produce cierta inseguridad. El personal tiene capacidades en el entorno de desarrollo para Android, ya que desarrolla apps de este tipo en su tiempo libre. Además, cuenta con un experto en tecnologías de gestión de la información. Sin embargo el resto del personal no cuenta con estos conocimientos.	-3
Aspectos operativos	20%	Los productos de la empresa tienen buena aceptación entre los clientes y se comercializan aceptablemente bien, si bien no son lo suficientemente innovadores como para alcanzar la visión de I+D+i.	-4
Aspectos de desempeño	15%	Los proyectos de I+D+i anteriormente realizados no han sido lo suficientemente ambiciosos (pequeñas innovaciones en la plataforma iOS). Si bien se han alcanzado siempre los objetivos establecidos en ellos, no han tenido impacto a nivel de explotación.	5

Tabla 7. Ejemplo de análisis interno

Como análisis general la start-up concluye que el entorno externo supone una debilidad en un 20%, debido a las prácticas de gestión de la I+D+i y aspectos de capacidad y operativos; y una fortaleza en un 27,5%, debido a aspectos culturales y de desempeño. Así mismo se identificó que el análisis interno, en base a los pesos de cada aspecto, supone una fortaleza al 7,5%. La Figura 18 representa la valoración de las debilidades y fortalezas identificadas.

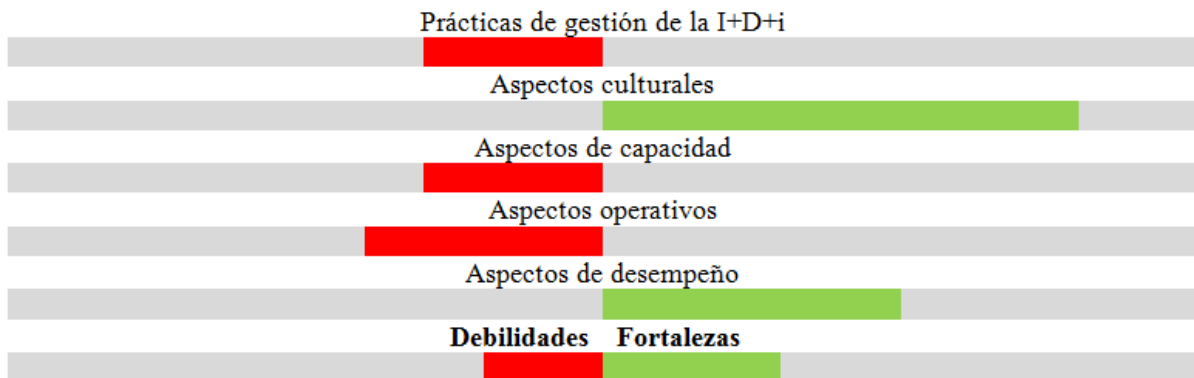


Figura 18. Valoración de debilidades y fortalezas identificadas

2.5.2.4 Análisis de riesgos y oportunidades

Como se ha explicado en la introducción al entorno analítico, en el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i este análisis contemplará no sólo los riesgos (amenazas) y oportunidades,

sino también las debilidades y fortalezas, estando así en línea con las prácticas habituales de las organizaciones, y solventando las incoherencias normativas identificadas en dicha introducción. Como se ve, el nombre del apartado de acuerdo con las normas de referencia (análisis de riesgos y oportunidades) no es realmente ilustrativo del contenido del mismo, sin embargo se decide mantenerlo, ya que también es una forma habitual de llamar al análisis DAFO.

Análisis normativo

De acuerdo con las normas de referencia (AENOR 2014; CEN, 2013) la organización debe determinar los riesgos y oportunidades que es necesario tratar para: asegurar que el sistema logra los resultados previstos, prevenir o reducir los efectos no deseados, y lograr la mejora continua. Para ello tomará como entrada los análisis interno y externo, las necesidades, y expectativas de las partes interesadas, y la visión, estrategia y política de I+D+i. Las normas también indican que la organización debe planificar acciones para tratar estos riesgos y oportunidades, integrarlas e implementarlas en los procesos del sistema, así como evaluar la eficacia de dichas acciones.

Teniendo en cuenta la información normativa y las consideraciones recogidas en los puntos anteriores (VT/IC, análisis externo y análisis interno), dentro del proceso de análisis de riesgos y oportunidades se incluirán las acciones de análisis DAFO a partir de la información de los análisis externo e interno y se propondrán las acciones correspondientes. Dependiendo del tipo de acciones propuestas, éstas podrán pasar a formar parte directamente de la planificación operativa del SiGIDi (por ejemplo, acciones de creatividad, de colaboración, etc.), o requerirán de su aprobación en la posterior revisión del SiGIDi (por ejemplo, cambios estratégicos).

Modelo propuesto

A continuación se explica en detalle el proceso de análisis de riesgos y oportunidades dentro del modelo propuesto, en base a las consideraciones establecidas en el análisis normativo.

El análisis de riesgos y oportunidades tomará como entrada el DAFO definido a partir de la información de los análisis externo e interno. Para cada uno de los cuatro apartados (riesgos, oportunidades, debilidades y fortalezas) se incluirá un análisis global y una serie de acciones propuestas en relación con las distintas actividades del SiGIDi. Por último la UGIDi será la encargada de realizar el análisis de riesgos y oportunidades, ya que es la responsable de la gestión de la I+D+i a nivel general, y la normativa no especifica responsabilidades concretas en este punto.

La Figura 19 representa los elementos que se acaban de explicar y las relaciones entre ellos:



Figura 19. Elementos que componen y/o se relacionan con el análisis de riesgos y oportunidades

Caso de ejemplo del modelo propuesto

Para ilustrar el modelo propuesto para el análisis de riesgos y oportunidades a partir del ejemplo propuesto, en primer lugar, la Tabla 8 proporciona de forma resumida el DAFO elaborado a partir de los análisis externo e interno.

Debilidades (20%)	Amenazas (0%)
<ul style="list-style-type: none"> - Prácticas de gestión de la I+D+i - Aspectos de capacidad - Aspectos operativos 	
Fortalezas (27,5%)	Oportunidades (80.5%)
<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos culturales - Aspectos de desempeño 	<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos de mercado - Aspectos técnicos - Aspectos económicos

Tabla 8. Ejemplo de DAFO

A partir del análisis de estos datos la start-up detectó una oportunidad de financiación de sus líneas estratégicas a través del programa H2020, por lo que planifica acciones para recolectar ideas creativas y presentar una propuesta en la siguiente convocatoria alineada con su estrategia de I+D+i. Además la empresa identificó una serie de acciones operativas con el fin, principalmente, de paliar las debilidades encontradas que pudieran suponer un obstáculo a la hora de aprovechar al máximo posible las oportunidades detectadas. Estas acciones operativas estuvieron destinadas a proporcionar capacitación en las tecnologías correspondientes y en gestión de I+D+i al personal de la empresa, y en buscar socios relevantes para los proyectos identificados en los objetivos de I+D+i (apartado 2.5.1.4), que suplieran sus carencias en cuanto a competencias, y partir de los cuales poder mejorar las mismas. Algunos de estos socios potenciales fueron identificados en el proceso de VT/IC (apartado 2.5.2.1), por lo que se decide incorporarlos dentro del proceso de colaboración (apartado 2.5.3.3). De esta forma también se ayudaría a obtener resultados de I+D+i más innovadores en línea con la estrategia de I+D+i (apartado 2.5.1.3), contando con productos más innovadores en un futuro cercano.

Es importante destacar que este análisis se realizó una vez el SiGIDi estuvo implantado y revisado, pero en el análisis realizado previamente a esta revisión se identificaron acciones principalmente estratégicas, como incrementar el nivel de novedad de la I+D+i en de la empresa e incluir en las líneas estratégicas aspectos relacionados con servicios sociales y Big Data. Dichas acciones fueron aprobadas en la revisión del SiGIDi por la dirección, realizándose los citados cambios, como se explicó en el apartado 2.5.1.3.

2.5.3 Soporte a la I+D+i

Una vez establecido los modelos para los entornos estratégico y analítico, en este apartado se analizan los elementos de soporte a los procesos operativos de la I+D+i (apartado 2.5.4) y el modelo elaborado correspondiente a los mismos. Estos elementos en la norma europea (CEN, 2013) se denominan agentes habilitadores/impulsores de la I+D+i, y su papel consiste en proporcionar herramientas que sirvan de ayuda a los procesos operativos.

Las normas de referencia (AENOR 2014; CEN, 2013) establecen los siguientes factores: organización de los roles y responsabilidades, recursos, competencias, concienciación, comunicación, información documentada, gestión de la PI y del conocimiento y colaboración.

En el modelo propuesto en esta tesis doctoral los recursos y competencias se tratan de forma conjunta, ya que se trata de competencias de los recursos (que son recursos de I+D+i). Por otro lado no se trata la documentación de la información, ya que de acuerdo con las normas su principal función es aportar evidencias de su desempeño (lo cual es útil desde el punto de vista de la certificación del SiGIDi, pero no para los objetivos de esta tesis doctoral). Del mismo modo la determinación de qué comunicar, cuándo, a quién y por parte de quién, así como proporcionar canales adecuados para la comunicación tampoco son elementos relevantes para dichos objetivos.

Por otro lado, la concienciación queda implícitamente tratada en el resto de procesos del SiGIDi, ya que las normas indican que debe lograrse mediante una sólida cultura de la I+D+i (concepto explicado en el apartado 1.2.2.1), y establecen que los elementos que forman parte de la misma son: apoyo a la generación de ideas (apartados 2.5.3.5 y 2.5.4.1), comunicación (sin relevancia para los objetivos establecidos en esta tesis doctoral), estímulo a la apertura y a la colaboración (apartado 2.5.3.3), y conciencia del conflicto y tolerancia a fallos (se trata de elementos culturales implícitos en todo el proceso, pero cuyo modelo no tendría influencia en los objetivos de esta tesis doctoral).

Los retos y estímulos para la generación de ideas serán tratados dentro de los procesos de soporte a la I+D+i, en concreto en el proceso de creatividad (2.5.3.5), el cual no está incluido en las normas en este apartado, únicamente en la norma europea (CEN, 2013) como una técnica de gestión de la I+D+i. En relación con los objetivos de la presente tesis doctoral se considera que la creatividad es un elemento esencial para los procesos de I+D+i, y muy especialmente como entrada al de gestión de ideas.

2.5.3.1 Estructura organizativa del sistema de gestión de la I+D+i

La estructura organizativa de un sistema de gestión es la disposición de responsabilidades, autoridades y relaciones entre el personal (ISO, 2005). Por lo tanto, en el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i la estructura organizativa del SiGIDi representará la disposición de responsabilidades, autoridades y relaciones entre el personal encargado tanto de la gestión como de la ejecución de las actividades de I+D+i (lo que las normas denominan “organización de las funciones y responsabilidades”).

Análisis normativo

En este punto la norma europea (CEN, 2013) establece una serie de responsabilidades sin asociarlas a unidades o personas concretas, más allá de las responsabilidades asignadas a la dirección. En cambio, en las dos versiones de la norma española (AENOR, 2006c) (AENOR, 2014) se asignan esas responsabilidades a dos unidades (mencionadas ya en apartados anteriores) determinadas: la UGIDi y UIDi. Para modelar el SiGIDi en el ámbito de esta tesis doctoral se decide adoptar la opción planteada por las normas españolas, es decir, establecer un esqueleto de estructura organizativa, ya que la estructura propuesta en ellas refleja la forma de trabajar habitual en las organizaciones que realizan actividades de I+D+i (aunque no especifiquen la existencia de dichas unidades), es compatible con la norma europea, y propone una estructura clara y simple que facilita la elaboración del modelo propuesto.

De acuerdo con estas normas la alta dirección debe asegurarse de que se constituye y funciona la UGIDi, que será la encargada de la gestión de la I+D+i y, en su caso, si procede, la UIDi, que será la encargada de la ejecución de los proyectos de I+D+i. También debe asegurarse de que las funciones y responsabilidades dentro de las unidades estén definidas y sean comunicadas dentro de la organización. En algunos casos puede darse la circunstancia

de que ambas unidades coincidan en una sola. De acuerdo con las consideraciones establecidas en esta tesis doctoral la UGIDi reflejará esta información bajo la supervisión de la dirección de I+D+i.

En relación a estas unidades, las dos versiones de la norma española difieren a la hora de establecer sus responsabilidades. De cara al modelo propuesto son más indicadas las establecidas en la actualización de la norma (AENOR, 2014), en la que se ha mejorado este aspecto y, además, las responsabilidades propuestas son más acordes con las contempladas por la norma europea (CEN, 2013). En este sentido establece que la UGIDi tiene las siguientes responsabilidades: *”analizar la organización y su contexto, incluyendo las necesidades y expectativas de las partes interesadas; desarrollar la planificación del SiGIDi; velar por la correcta documentación y confidencialidad del proceso y los resultados; liderar y velar por el desempeño del proceso de I+D+i; garantizar que se utilizan los factores que dan soporte a la I+D+i; verificar que se asigna o asignar, en su caso, la UIDi para cada proyecto; gestionar la cartera de proyectos de I+D+i; asegurar que se cumplen las directrices establecidas en materia de colaboración; asegurar que se cumplen las directrices establecidas en materia de PI; e informar a la dirección acerca del progreso de las actividades de I+D+i y el desempeño del sistema”*. Del mismo modo, establece las siguientes responsabilidades para la UIDi: *“hacerse cargo de la ejecución del proyecto de I+D+i asignado; utilizar los factores que dan soporte a la I+D+i a nivel del proyecto, según exija el mismo; e informar a la UGIDi acerca del progreso del proyecto”*.

Las consideraciones anteriores son compatibles con la norma europea (CEN, 2013), en la cual, como se ha mencionado, no se asignan responsabilidades a unidades concretas, pero indica que la alta dirección debe asegurarse de que se asignan y comunican dentro de la organización las responsabilidades y autoridad para las principales funciones (en concreto para asegurar que el SiGIDi es conforme a las recomendaciones de la Especificación Técnica, y que se informa del rendimiento del SiGIDi a la alta dirección). En cuanto a las responsabilidades concretas, la norma establece que la organización debe definir responsabilidades para los proyectos específicos de I+D+i y para la gestión general de la I+D+i. Además indica que, dependiendo del tamaño y estructura de la organización, las responsabilidades de la gestión de la I+D+i se pueden asignar a una unidad estructurada, a un equipo o a una persona de la organización (incluso a tiempo parcial si es apropiado). En cuanto a las distintas responsabilidades que se deben cubrir por el SiGIDi, son sustancialmente las mismas que las anteriormente indicadas.

La anterior versión de la norma española (AENOR, 2006c) también establece que la alta dirección debe designar un miembro de la dirección quien, con independencia de otras responsabilidades, debe controlar las actividades de I+D+i. En el modelo propuesto se asume que el representante de la dirección es la dirección de I+D+i, lo cual ratifica las decisiones tomadas en relación a este componente de la estructura organizativa del SiGIDi a lo largo de todo el capítulo.

Modelo propuesto

La estructura organizativa estará compuesta, por lo tanto, por la dirección de I+D+i, de la que depende la UGIDi, y de esta, a su vez, la/s UIDi/s. Las funciones de cada unidad serán, de forma general, las indicadas en el análisis normativo. Las responsabilidades concretas están identificadas y representadas en el modelo propuesto para los distintos procesos del SiGIDi.

Operativamente la estructura organizativa será establecida por la UGIDi bajo la supervisión de la dirección de I+D+i.

La Figura 20 representa el modelo de la estructura organizativa del SiGIDi con las funciones generales de cada componente de la misma.

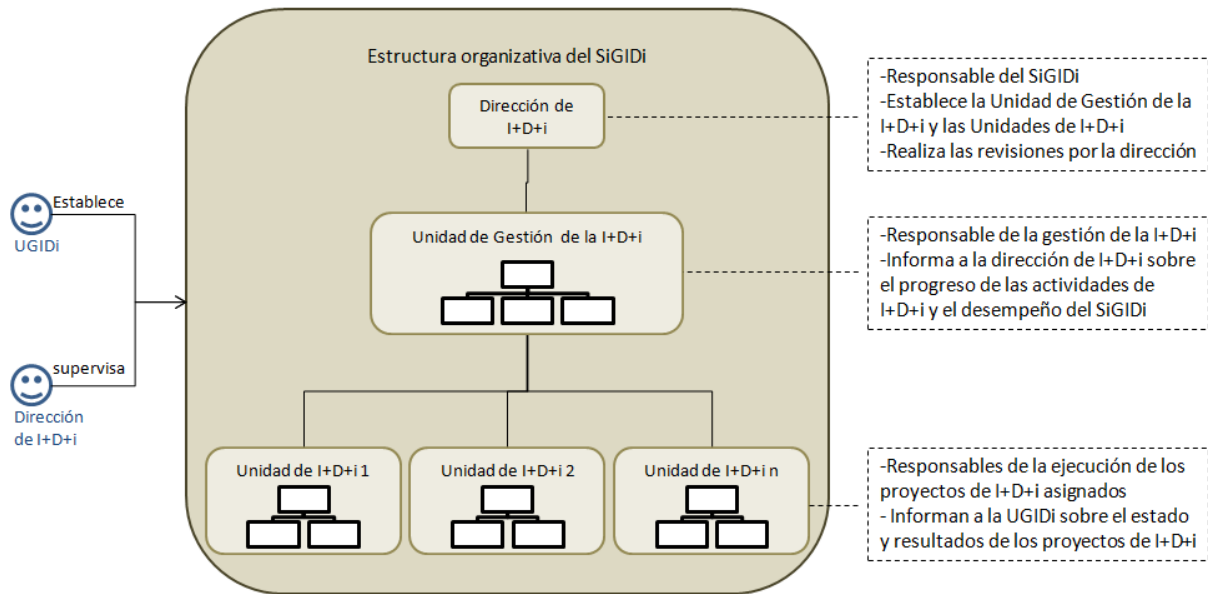


Figura 20. Modelo del modelo propuesto para la estructura organizativa del SiGIDi

Caso de ejemplo del modelo propuesto

En el caso de la start-up del ejemplo propuesto la dirección de I+D+i es la misma que la alta dirección de la empresa, debido al reducido tamaño de la misma. Este hecho proporciona una ventaja a la empresa en relación a sus actividades de I+D+i, ya que garantiza el compromiso necesario con el SiGIDi por parte de la alta dirección. La UGIDi está compuesta por una única persona, que no es del todo experta (apartados 2.5.3.2 y 2.5.2.3), pero que cuenta con el entusiasmo necesario para llevar a cabo esta labor. En principio existe una única UIDi, que ejecuta los proyectos de I+D+i, y en caso de que el volumen de proyectos creciese la organización revisaría su estructura organizativa, creando las UIDis necesarias para la óptima ejecución de los proyectos.

2.5.3.2 Recursos de I+D+i

De acuerdo con el modelo de excelencia y calidad EFQM (EFQM, 2013) las organizaciones excelentes planifican y gestionan sus recursos internos para apoyar su estrategia, las políticas y el funcionamiento eficaz de los procesos. Respecto a los RRHH, estas organizaciones desarrollan las capacidades de sus personas y crean una cultura que permite la consecución de mutua de los objetivos organizacionales y personales.

Análisis normativo

Las principales normas de referencia (AENOR 2014; CEN, 2013) establecen que la organización debe determinar y proporcionar los recursos, tangibles e intangibles, necesarios para el desarrollo, la implementación, el mantenimiento y la mejora continua del SiGIDi (por ejemplo, humanos, financieros, conocimiento, PI, equipos, instalaciones, etc.). Estas normas hacen especial hincapié en la gestión de los RRHH. Respecto al equipamiento e instalaciones, aunque las normas no entran en detalles, en el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i se decide proporcionar información acerca de los recursos disponibles en la organización y sus características. Respecto a la PI y conocimiento, la gestión de este aspecto se trata en el apartado 2.5.3.4. Respecto a los recursos financieros, en las normas de referencia solamente

son tenidos en cuenta en relación a los proyectos de I+D+i, por lo que se tratarán en el apartado 2.5.5.

Entrando en detalle estas normas establecen, en primer lugar, que el SiGIDi debe incorporar una política de RRHH con directrices para la gestión de los mismos, permitiendo: *“potenciar la creatividad, el aprendizaje y la disseminación y compartición del conocimiento; fomentar las variaciones, los retos, las interacciones abiertas, la confianza, la diversidad y la tolerancia; promover la participación en el proceso de I+D+i por parte de los miembros de la organización; permitir a los miembros de la organización el acceso a la información que sea relevante; y seleccionar las personas o proveedores en función de su capacidad para satisfacer las necesidades identificadas en caso de tener que adquirir o subcontratar recursos nuevos o externos”*.

La norma europea (CEN, 2013) también establece en este punto que las organizaciones deben proporcionar procedimientos para los contratos de los empleados que aseguren incentivos para la I+D+i, la involucración de los empleados y la “cogestión” (participación de los empleados en la gestión de la organización), ya que es un aspecto incluido en diferentes leyes, normativas y acuerdos con los agentes sociales. La norma española no entra en estos aspectos contractuales y, de cara a la construcción del modelo propuesto para la gestión de la I+D+i, se considera que es la opción más acertada, ya que si bien es necesario proporcionar incentivos al personal en relación a su participación en actividades de I+D+i, no es positivo obligar a las organizaciones acerca de la forma en la que deben hacerlo (en este caso a través de cláusulas en los contratos); de hecho el propósito de las normas no debe ser proporcionar uniformidad en la estructura de los sistemas (ISO, 2008), sino proporcionar requisitos generales para su desarrollo e implantación sin encorsetarlas en reglas fijas (AENOR, 2006c).

Respecto a la operativa de la gestión de los RRHH para las actividades de I+D+i las normas de referencia establecen que, en primer lugar, la organización debe determinar las competencias necesarias de aquellas personas que desarrollen y trabajen en actividades de I+D+i. Como se explica en el apartado 2.5.3.5 la creatividad es una capacidad fundamental para las actividades de I+D+i en las organizaciones, por lo que estará incluida por defecto en el modelo propuesto. Además debe asegurarse de que dichas personas son competentes basándose en la educación, la formación, experiencia y actitud adecuadas (y mantener los registros correspondientes). La normativa también establece que se deben incrementar de forma continua las capacidades necesarias para mejorar el desempeño de la I+D+i y, para ello, cuando sea pertinente emprender acciones para la adquisición de las competencias necesarias (formación, orientación, mentoring, reasignación del personal actual, contratación o subcontratación de personas y/o organizaciones), y evaluar la efectividad de las acciones llevadas a cabo.

Aunque las normas no lo especifican, en el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i en esta tesis doctoral se establece que la información de entrada para la determinación de las capacidades necesarias sea el entorno estratégico de I+D+i, ya que en éste se marcan las líneas prioritarias de actuación, determinando en parte estas necesidades. Respecto a los actores involucrados, la normativa especifica que la UGIDi es la encargada de la gestión de recursos de I+D+i.

Modelo propuesto

A continuación se explica en detalle la gestión de recursos de I+D+i dentro del modelo propuesto, en base a las consideraciones establecidas en el análisis normativo. En primer lugar se detallan los elementos que lo componen y las relaciones entre los mismos.

Dentro de la gestión de RRHH (cuya entrada será el entorno estratégico de I+D+i), el primer elemento del modelo será la política de RRHH. El siguiente serán las capacidades necesarias para las actividades de I+D+i y de gestión de la I+D+i. Estas capacidades (entre las que estará la creatividad) estarán compuestas por aspectos de educación, formación, experiencia y actitud. Como entrada para determinar esta información se tendrá el entorno estratégico de I+D+i. También se incluye en el modelo la información referente a las capacidades de los RRHH de I+D+i disponibles en la organización en base a los aspectos anteriores. Por último se incluyen las acciones de distintos tipos (formación, orientación, mentoring, reasignación del personal actual, contratación o subcontratación de personas y/o organizaciones, etc.) llevadas a cabo para la adquisición de estas capacidades, o para la mejora de las mismas, en caso necesario. Respecto a los recursos materiales (equipamiento e instalaciones) de I+D+i, se mantendrá el inventario de los existentes, con sus características.

Respecto a los actores involucrados, la UGIDi es la encargada de gestionar los recursos de I+D+i.

La Figura 21 representa los elementos que componen el proceso de gestión de recursos de I+D+i, las relaciones entre los mismos y las entradas por parte de otros procesos y elementos del modelo propuesto para la gestión de la I+D+i:

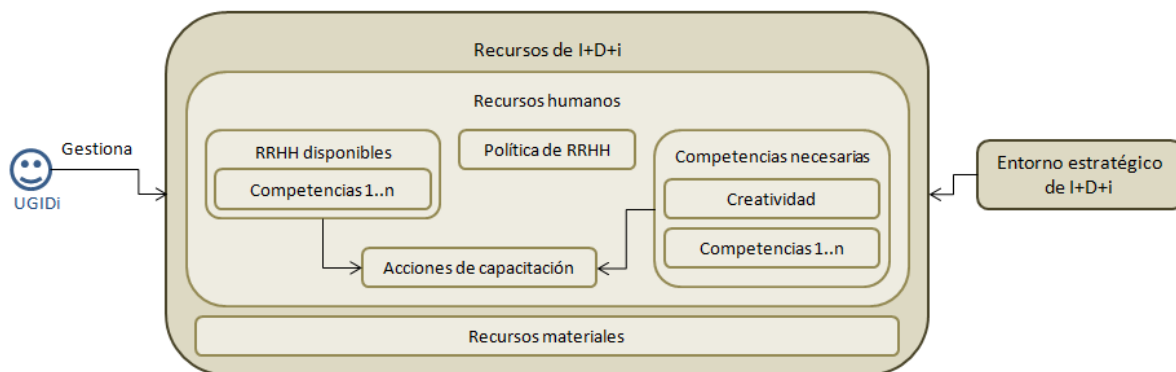


Figura 21. Representación del modelo propuesto para la gestión de recursos de I+D+i

Caso de ejemplo del modelo propuesto

En la start-up del ejemplo propuesto la política de RRHH incluye, aparte de las consideraciones relativas a la capacitación del personal, el potenciamiento de la incorporación de personal tecnológicamente multidisciplinar en la UIDi, para posibilitar la incorporación de nuevas tecnologías en los proyectos de I+D+i y en su oferta de productos.

En cuanto a las capacidades necesarias, en base a la estrategia de I+D+i actualizada, la empresa establece que son: gestión de la I+D+i (incluyendo la creatividad y la consecución y gestión de subvenciones), plataforma iOS, plataforma Android, tecnologías sociales y Big Data.

Entre las capacidades con las que cuenta el personal (no todos los profesionales cuentan con todas) destacan: plataforma iOS (toda la plantilla técnica), plataforma Android (la mayoría del personal tiene estas capacidades, ya que desarrolla apps de este tipo en su tiempo libre) y tecnologías de gestión de la información (cuenta con un experto que decidió incorporarse a la empresa debido a las perspectivas positivas en el mercado laboral de las apps para móviles).

A partir de las necesidades y capacidades existentes la start-up, en base a la identificación de capacidades necesarias y las acciones identificadas en el proceso de análisis de riesgos y

oportunidades, proporciona formación en Big Data al empleado experto en tecnologías de gestión de la información, con el fin de que sea el referente para los proyectos que pretenden conseguir. Del mismo modo, respecto a las capacidades de gestión de I+D+i y de obtención de financiación, la empresa se pone en contacto con el CDTI para recibir orientación sobre cómo adquirir este tipo de capacidades.

2.5.3.3 Colaboración

La empresa innovadora tiene entre sus rasgos característicos la cooperación externa con centros públicos de investigación, empresas de consultoría, clientes y proveedores (Comisión Europea, 1995). Las características y beneficios de estas colaboraciones se explicaron en el apartado 1.2.2.4.

Análisis normativo

Las normas de referencia (AENOR 2014; CEN, 2013) establecen que la organización debe definir directrices para la colaboración interna y externa.

Respecto a la colaboración interna la norma española (AENOR, 2014) trata la identificación de la capacidad de colaboración de la propia organización, teniendo en cuenta su estructura, experiencias previas de colaboración, procesos, etc. La norma europea (CEN, 2013), por su parte, establece que la colaboración dentro de la organización debe fomentarse de forma que las ideas y el conocimiento puedan compartirse entre diferentes personas, grupos y unidades a través de: *“diseminar retos y estímulos para la generación de ideas y la resolución de problemas (procedentes de los empleados, la IC, etc.); y estimular a personas y grupos (con diversidad de perspectivas) para colaborar en el desarrollo de ideas y la compartición del conocimiento”*.

El análisis de las capacidades de colaboración interna se trata en el proceso de análisis interno (apartado 2.5.2.3), por lo que en el modelo propuesto en esta tesis doctoral en este punto se incluirá únicamente el registro de las colaboraciones internas para posibilitar dicho análisis. Respecto a la diseminación de retos para la gestión de ideas, como se explicó en la introducción a los elementos de soporte a la I+D+i, se ha considerado que este aspecto merece un apartado independiente (2.5.3.5 Creatividad).

En relación a la colaboración externa la norma española (AENOR, 2014) incluye la identificación, selección y evaluación de posibles socios, el establecimiento de los acuerdos de colaboración (incluyendo objetivos, duración, finalización y observación de los derechos de PI, etc.), además del aseguramiento de que las posibles subcontrataciones cumplen los requisitos especificados. La norma europea (CEN, 2013), por su parte, establece que la colaboración y el networking con organizaciones externas pueden ayudar a identificar ideas, necesidades de clientes, conocimiento y partners, para servir de ayuda en la resolución de problemas y en la explotación de ideas. Según la norma estas oportunidades pueden identificarse a través de: *“la escucha activa para adoptar ideas procedentes de clientes, proveedores y de terceros; unirse a redes de transferencia de conocimiento, asociaciones profesionales y asociaciones comerciales; colaborar con universidades y servicios de soporte a la I+D+i para ayudar a la generación y desarrollo de ideas”*.

Para la selección y evaluación de posibles socios en el modelo propuesto se decide incorporar la información relativa a colaboradores en anteriores actuaciones de I+D+i (incluyendo su evaluación), y a colaboradores potenciales sirviéndose de la información generada en los productos de nivel medio y profundo de análisis del proceso de VT/IC (apartado 2.5.2.1).

En relación a la PI, en los acuerdos de colaboración se incluirán los aspectos de protección de la PI de las partes implicadas, por lo que se incluirá como entrada la información procedente del proceso de gestión de PI (apartado 2.5.3.4).

En el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i la selección de socios se realiza en el proceso de gestión de la cartera de proyectos de I+D+i (apartado 2.5.5.1), una vez se ha decidido realizar un proyecto. Además, en el proceso de gestión de ideas (apartado 2.5.4) se tiene en cuenta la información relativa a potenciales socios de cara a garantizar la viabilidad de una idea. Para todo ello estos procesos utilizarán la información registrada en relación a colaboraciones anteriores y colaboradores potenciales.

Respecto a los actores involucrados, la normativa especifica que la UGIDi es la encargada de la gestión de la colaboración.

Modelo propuesto

A continuación se explica en detalle el proceso de gestión de la colaboración dentro del modelo propuesto, en base a las consideraciones establecidas en el análisis normativo. En primer lugar se detallan los elementos que lo componen y las relaciones entre los mismos.

El primer elemento del modelo será la política de colaboración. Dentro de la colaboración interna se incluirá el registro de colaboraciones realizadas, de cara a facilitar el análisis de dicho aspecto. En el apartado de colaboración externa se incluirá la identificación y evaluación (tomando como entrada la información procedente de los proyectos de I+D+i.) de socios, la identificación de socios potenciales (para la que se utilizará como entrada los productos de nivel medio y profundo de VT/IC), el establecimiento de los acuerdos de colaboración, en los que se incluye la protección de la PI (utilizando como entrada la información procedente del proceso de gestión de PI), y el registro de las ideas procedentes de colaboradores externos, las cuales servirán de entrada al proceso de gestión de ideas.

Respecto a los actores involucrados, la UGIDi será la encargada de la gestión de la colaboración.

La Figura 22 representa los elementos que componen el proceso de gestión de la colaboración, las relaciones entre los mismos y las entradas por parte de otros procesos y elementos del modelo propuesto para la gestión de la I+D+i:

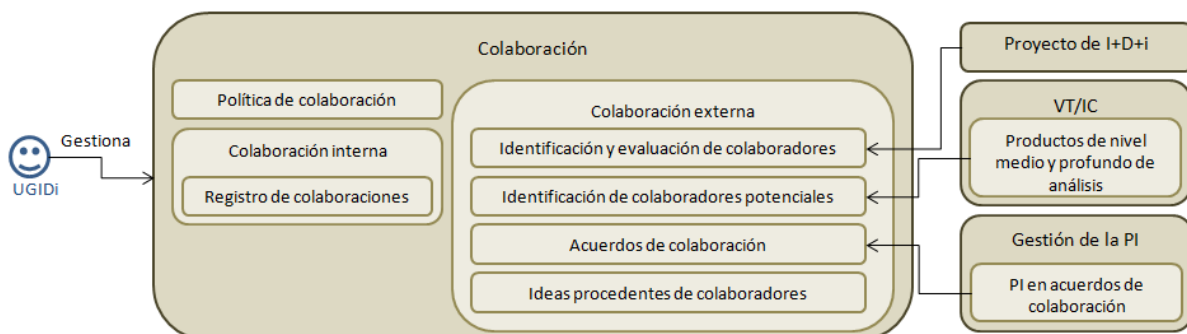


Figura 22. Representación del modelo propuesto para la gestión de la colaboración

Caso de ejemplo del modelo propuesto

La política de colaboración de la start-up del ejemplo propuesto se basa en la colaboración prioritaria con el grupo de investigación del cual surgió, sin descuidar el mantenimiento y ampliación de contactos con organismos de investigación. Además se centra en la ampliación de los contactos con empresas relevantes para posibles colaboraciones en proyectos de I+D+i. También se contempla la incorporación a las plataformas tecnológicas eMov (España) y eMobility (Europa), para detectar posibles socios para la participación en proyectos en el programa H2020, de acuerdo con su estrategia y políticas de I+D+i.

El grupo de investigación que es su principal colaborador centra su investigación en la Computación Pervasiva. En base a las colaboraciones anteriores entre el grupo de investigación y la start-up han realizado acuerdos de subcontratación y la empresa ha realizado evaluaciones de dichas colaboraciones. En estas evaluaciones se plasma la satisfacción con el trabajo realizado por el grupo de investigación, si bien un aspecto mejorable es el aspecto innovador de las investigaciones, por lo que la start-up ve necesario ampliar el espectro de colaboradores.

Este grupo de investigación ha propuesto una idea para futuros proyectos de I+D+i. Esta idea se basa en la construcción de un framework para el desarrollo de interfaces HTML5 como estándar para realizar apps móviles multiplataforma. La mayor innovación radica en que actualmente existen frameworks para apps nativas e híbridas, pero no para HTML5 optimizado para apps móviles. Los mayores problemas que tiene HTML5 actualmente son que el soporte de las nuevas especificaciones no está del todo extendido en todos los navegadores y que el código nativo actualmente gana en rendimiento. El objetivo es disponer de un framework que permita el ahorro de tiempo en desarrollo multiplataforma (el código se tiene que escribir sólo una vez) que esté disponible cuando este soporte esté más asentado, y mejore la velocidad de ejecución de JavaScript, el tiempo de renderizado y el hardware de los móviles.

Además, a partir de la información de los productos de VT/IC la empresa registró información relativa a potenciales colaboradores valiosos, en concreto una empresa experta en servicios de componente social y un grupo de investigación experto en Big Data.

Respecto a las colaboraciones internas, la start-up registró principalmente intercambios puntuales entre miembros de equipos de proyectos cuando la situación así lo requería.

2.5.3.4 Gestión de la propiedad intelectual e industrial

La PI (Bouchoux, 2013) se refiere a las creaciones de la mente: invenciones, obras literarias y artísticas, así como símbolos, nombres e imágenes utilizadas en el comercio. La PI se divide en dos categorías: la propiedad industrial, que incluye las patentes de invenciones, las marcas, los diseños industriales y las indicaciones geográficas; y el derecho de autor, que incluye obras literarias (tales como novelas, poemas y obras de teatro), películas, obras musicales, obras artísticas (tales como dibujos, pinturas, fotografías y esculturas), y diseños arquitectónicos (Organización Mundial de la Propiedad intelectual). Bajo las leyes de PI los propietarios se conceden ciertos derechos exclusivos sobre una variedad de activos intangibles, como por ejemplo: musicales, literarios y artísticos, descubrimientos e invenciones, palabras, frases, símbolos y diseños. Los tipos comunes de los derechos de PI incluyen: derechos de autor, marcas comerciales, patentes, derechos de diseño industrial, imagen comercial, secretos comerciales, jurisdicciones, etc.

Análisis normativo

La norma europea establece (CEN, 2013) que la concienciación acerca de la PI y de sus derechos es esencial para todo tipo de organizaciones con el fin de gestionar, proteger y explotar los activos intangibles, obtener la libertad para operar, y defenderse contra la falsificación y violación. Así mismo indica que la PI es fundamental para asegurar el uso de las innovaciones, facilitar y estructurar los consorcios de I+D+i, la posición negociadora para conseguir consorcios de colaboración equitativos, y para generar crecimiento y el valor del capital de la organización. Es decir, es esencial para la explotación de los resultados de I+D+i (apartado 2.5.5.3) y para el establecimiento de los consorcios que, como se vio al tratar el proceso de colaboración (apartado 2.5.3.3), es una actividad que se realiza cuando se lanza una propuesta para la realización de un proyecto de I+D+i (apartado 2.5.5.1), haciendo uso de dicho proceso de colaboración.

Estas normas establecen que la protección de los resultados de las actividades de I+D+i debe realizarse de acuerdo con una serie de directrices que previamente deben definirse, aplicando la mejor opción de en cada caso. Además identifican una serie de aspectos, no sólo orientados a la protección de resultados, sino también a evitar infringir la legislación en relación con los derechos de PI de terceros. Entre ellos las normas destacan: estrategia de PI como componente de la estrategia de I+D+i; responsabilidades para la implementación de dichas directrices y para la gestión de la cartera de derechos de PI; inventario de activos intangibles de la organización, para lo cual se utilizará la información de los resultados de los proyectos (apartado 2.5.5.2), recogida en el proceso de gestión integrada de la cartera de proyectos de I+D+i (apartado 2.5.5.1); los niveles, y mecanismos de registro y protección de la PI apropiados en cada caso, que serán empleados por el proceso de explotación de resultados de las actividades de I+D+i (apartado 2.5.5.3); concienciación (incluida la formación si es necesario) de los empleados y la alta dirección acerca de la PI (libertad para operar, protección, puesta en valor); salvaguardar la I+D+i y los riesgos operacionales relacionados con la PI de terceros; monitorizar la legislación de PI nacional y la jurisdicción mundial relacionadas con los creadores de la PI, la protección y el registro; y mitigación contra comprometer los derechos de PI, cuando se trata de socios externos, especialmente en proyectos de colaboración internacional. Las responsabilidades de todo tipo en el ámbito del SiGIDi se establecen en el establecimiento de su estructura organizacional (apartado 2.5.3.1). Aunque las normas no lo incluyen, se considera necesario también incorporar el registro de la protección llevada a cabo en el proceso de explotación de resultados de I+D+i (apartado 2.5.5.3).

Las acciones de capacitación, como se vio en el apartado 2.5.3.2, forma parte del proceso de recursos de I+D+i. Como se vio en el apartado 2.5.2.1, el proceso de VT/IC es el encargado de la monitorización, no sólo de los aspectos legislativos citados, sino también de la de la PI de terceros relevante para la estrategia y objetivos de I+D+i, por lo que todos estos elementos serán entradas al proceso de gestión de la PI. Esta monitorización servirá como entrada al proceso de explotación de resultados de actividades de I+D+i (apartado 2.5.5.3) y, como se explica en el apartado 2.5.4, dependiendo del ámbito de actuación de la organización también puede serlo para el de gestión de ideas.

Así mismo las normas señalan el registro de la autoría, titularidad de la idea y fecha de creación origen de las invenciones. Este último aspecto no se tiene en cuenta en el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i, en base a las consideraciones que se explicarán en el proceso de generación de ideas de I+D+i (el apartado 2.5.4.1) respecto a la autoría colaborativa de las ideas y, por lo tanto, de las innovaciones dentro de la organización.

Modelo propuesto

A continuación se explica en detalle el proceso de gestión de la PI dentro del modelo propuesto, en base a las consideraciones establecidas en el análisis normativo. En primer lugar se detallan los elementos que lo componen y las relaciones entre los mismos.

El primer elemento del proceso será la política de PI que, como se vio en el apartado 2.5.1.3, forma parte de la estrategia de I+D+i. Además se incluirán los siguientes aspectos: (i) un registro de los mecanismos para la protección de la PI disponibles en la organización; (ii) los activos intangibles de la organización, utilizando como entrada el proceso de gestión integrada de la cartera de proyectos de I+D+i; (iii) información de la monitorización tanto de la legislación de PI, como de la de la PI de terceros relevante para la estrategia y objetivos de I+D+i, utilizando como entrada información de los productos de VT/IC de nivel profundo de análisis; (iv) elaboración de la parte correspondiente a la gestión de la PI en acuerdos de colaboración y subcontratación, tanto para salvaguardar que no se infringe la PI de terceros, como para garantizar la PI propia; y (v) el registro de las protecciones de activos de la organización, utilizando como entrada el proceso de explotación de resultados de I+D+i.

Respecto a los actores involucrados, la UGIDi será la encargada de la gestión de la colaboración.

La Figura 23 representa los elementos que componen el proceso de gestión de la propiedad intelectual e industrial, las relaciones entre los mismos y las entradas por parte de otros procesos y elementos del modelo propuesto para la gestión de la I+D+i:

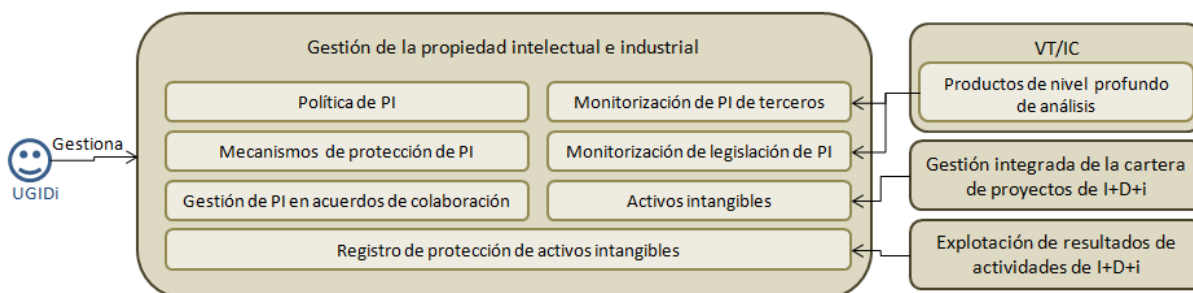


Figura 23. Representación del modelo propuesto para la gestión de la propiedad intelectual e industrial

Caso de ejemplo

La start-up del ejemplo propuesto definió su política sobre activos intangibles y PI dentro de su estrategia de I+D+i. La estrategia seguida en este ámbito es la de no patentar resultados, debido a que técnicamente las aplicaciones informáticas como tal no son patentables en Europa. Sin embargo sí se considera necesario patentar como marca las apps creadas, y registrar su autoría en el Registro de la Propiedad Intelectual, ya que por la mera creación de la obra, en este caso del software, le corresponden los derechos de explotación.

Respecto a la monitorización de la PI llevada a cabo en el proceso de VT/IC (principalmente a partir de los “markets” de apps) la empresa no detectó aspectos relevantes que pudieran tener influencia en el entorno estratégico de I+D+i definido. De cara a la explotación de los resultados obtenidos en el proyecto de ejemplo propuesto, que se explica en el proceso de gestión de ideas de I+D+i y los procesos posteriores al mismo (apartados 2.5.4 y 2.5.5), la empresa tampoco encuentra ningún impedimento para dicha explotación. Por último, para este mismo proyecto de ejemplo, incorporó al acuerdo de colaboración las cláusulas necesarias para la protección de la autoría (tanto suya, como del resto de socios) y realizó los

registros correspondientes tanto en relación a la marca como a la autoría de los resultados obtenidos en los registros mercantil y de propiedad intelectual respectivamente.

2.5.3.5 Creatividad

De acuerdo con lo explicado en el apartado 1.2.2.4, la creatividad es la síntesis de nuevas ideas y conceptos por la reestructuración radical y re-asociación de los ya existentes, mientras que la innovación es la aplicación de los resultados de la creatividad (McAdam & McClelland, 2002). Además la creatividad es una herramienta que permite generar ideas para múltiples propósitos en distintos procesos del SiGIDi, por ejemplo, para encontrar soluciones creativas a problemas en el desarrollo de los proyectos.

Análisis normativo

La última versión de la norma española (AENOR, 2014) no entra en detalles acerca de la gestión de la creatividad como actividad propia del SiGIDi, hablando únicamente de que la organización debe apoyar a la creatividad incentivando el desarrollo de nuevas ideas y concediendo tiempo para esta actividad. Trata el apoyo a la generación de ideas, no así a la creatividad, como el proceso mental necesario para realizar esta generación de forma óptima. La norma europea (CEN, 2013), si bien, aparte de esta misma consideración contiene un apartado sobre la gestión de la creatividad, también la aborda desde el punto de vista de la generación de ideas. Sin embargo la anterior versión de la norma española (AENOR, 2006c) establece que la creatividad debe impulsarse dentro de la organización, promoviendo la habilidad para abandonar las vías estructuradas y las maneras de pensar habituales para llegar a una idea que permita solucionar un determinado problema.

En el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i en esta tesis doctoral se considera de especial importancia abordar este enfoque, gestionando el fomento de la creatividad como proceso mental y promoviendo, por lo tanto, la capacidad en la organización para alcanzar nuevas vías de pensamiento que le permitan ser más creativa y mejorar así la actividad de generación de ideas. La creatividad será una de las fuentes de ideas posibles, pero las normas de referencia también contemplan otras, como la VT/IC, o la colaboración (AENOR 2014; CEN, 2013). Para ello, para la construcción del modelo propuesto para la gestión de la I+D+i se complementa la información normativa con fuentes del ámbito científico, haciendo que dicho modelo ayude a cumplir los siguientes requisitos que contribuyen a potenciar y mejorar las capacidades creativas dentro de las organizaciones (Brennan & Dooley, 2005):

Capacitar y educar a los empleados en la creatividad

Se establecerán acciones de capacitación en creatividad, las cuales se recogen dentro del modelo propuesto para el proceso de gestión de recursos de I+D+i (apartado 2.5.3.2).

Herramientas de pensamiento creativo

Herramientas que ayuden a ampliar la visión del mundo del usuario, a romper sus conjuntos perceptuales y cognitivos, que den soporte tanto a la conducta como al genio, y que también contribuyan a la creación de un ambiente organizacional que apoye la creatividad. Para ello en el modelo propuesto se decide incluir un espacio de creatividad en el que se publiquen contenidos para la participación que ayuden a abandonar las vías estructuradas de pensamiento, por ejemplo problemas creativos y de pensamiento lateral, etc.

Procesos y herramientas para la generación de ideas creativas

Procesos que apoyen y fomenten la participación de los empleados y proporcionen una infraestructura que refleje las distintas etapas del proceso creativo. Como se explicó en la descripción del proceso de colaboración (apartado 2.5.3.3) y en la introducción a los

elementos de soporte a la I+D+i, se deben diseminar retos creativos entre el personal de la organización, pero también estos retos deberán estar abiertos a actores externos a la misma (colaboradores principalmente, pero también clientes, usuarios, etc.) ya que el proceso de generación de ideas es particularmente fructífero en entornos multidisciplinares de colaboración, entre empresas y organismos de investigación (Alves et al., 2005). El objetivo de estos retos no es obtener la idea “definitiva”, sino generar el máximo número de ideas (Flynn et al., 2003), las cuales pueden tener aplicabilidad inmediata, o a largo plazo (McAdam & McClelland, 2002), o incluso no tienen por qué estar estrechamente relacionadas con una necesidad concreta (Rindasu & Mihajlovic, 2008). Además es necesario proporcionar toda la información necesaria disponible sobre el tema para el que se quieren generar ideas. Esta información se obtendrá de cualquier proceso del SiGIDi involucrado en el objetivo creativo en cuestión, enriquecida generalmente con información del entorno externo procedente de los productos de VT/IC de cualquier nivel de análisis (apartado 2.5.2.1).

Existen múltiples técnicas para aplicar en los procesos creativos. La más conocida de ellas es el brainstorming (McAdam & McClelland, 2002), pero existen otras entre las que se pueden destacar el estímulo al azar, analogías, provocaciones y mapas mentales como las más contrastadas y efectivas (Pantaleón, 2014), existiendo una estrecha relación entre el número de técnicas para la generación de ideas empleadas y el de productos exitosos (McAdam & McClelland, 2002). Por último es importante la conformación de los equipos de trabajo adecuados (Alves et al., 2005), con una selección cuidadosa de los participantes, buscando una alta heterogeneidad en términos jerárquicos y funcionales (Marques et al., 2005).

En el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i se decide incluir mecanismos para la generación de ideas para retos creativos, tanto presenciales como online, de forma que se permita trabajar en equipos reducidos, pero que también se puedan diseminar retos creativos a toda la organización.

Ambiente organizacional

Proporcionar un ambiente organizacional que empodere, nutra y apoye a los empleados en sus iniciativas creativas. Como se explicó en la introducción a los elementos de soporte a la I+D+i, la cultura innovadora se proporciona a través de todos los elementos y actividades del SiGIDi, y en este caso concreto, especialmente a través de la creatividad.

Además, de acuerdo con la norma europea (CEN, 2013) se debe introducir explícitamente el fomento de la creatividad dentro de la estrategia de I+D+i, pero no solamente entendida como generación de ideas (como lo hace la norma), sino como proceso mental.

Respecto a los actores involucrados, la normativa específica que la UGIDi es la encargada de la gestión de la creatividad.

Modelo propuesto

A continuación se explica en detalle el proceso de gestión de la creatividad dentro del modelo propuesto, en base a las consideraciones establecidas en el análisis normativo. En primer lugar se detallan los elementos que lo componen y las relaciones entre los mismos.

En primer lugar se contempla la estrategia de I+D+i, en la que se incluirá el fomento de la creatividad, si bien este aspecto ya se ha tenido en cuenta en el apartado 2.5.1.3.

Para fomentar el pensamiento creativo, se incluye en el modelo propuesto un “espacio de creatividad”. Este espacio podrá ser de cualquier tipo (online, por correo electrónico, en base

a reuniones personales, etc.) pero en caso de disponer de una herramienta para su gestión debería ser preferiblemente basada en red social con acceso para todo el personal de la organización, pudiendo contribuir en los distintos contenidos e iniciativas, realizar comentarios, indicar sus preferencias, etc. El espacio de creatividad estará compuesto por: publicaciones para el fomento de la creatividad, problemas creativos y de pensamiento lateral, contenidos e iniciativas promovidos por cualquier miembro de la organización, etc. Además, en él se incluirán recursos creativos que puedan ser utilizados en la elaboración de ideas, principalmente técnicas de creatividad, tanto individuales, como grupales.

Por último en el modelo propuesto se incluyen retos creativos, en los que se buscarán ideas creativas que sirvan de entrada principalmente al proceso de generación de ideas para proyectos de I+D+i (apartado 2.5.4.1) (pero potencialmente para cualquier necesidad en el ámbito del SiGIDi), y estén guiados por los objetivos de éste. Los retos podrán ser diseminados a “equipos creativos” diseñados de acuerdo con las necesidades especificadas, para sesiones de creatividad presenciales. A través del mecanismo online (que preferiblemente debería ser de red social) también se podrán diseminar retos a equipos creativos dispersos geográficamente, y a toda la organización. Además se podrán complementar ambos mecanismos. La preferencia por un mecanismo de red social para “simular” sesiones presenciales se debe a que de esta forma se facilita la contribución de cualquier persona al mismo con sus ideas, y el enriquecimiento colaborativo de ideas expuestas por otros. Para la construcción de los equipos creativos (contando con personal interno y colaboradores) se utilizará como entrada la información procedente de los procesos de gestión de recursos de I+D+i (apartado 2.5.3.2) y de colaboración (apartado 2.5.3.3). En cualquier caso se seleccionarán los recursos creativos incorporados en el espacio de creatividad, que se consideren más adecuados para cada reto concreto. Además se proporcionará la información relacionada con el reto disponible en cualquier proceso del SiGIDi y usualmente enriquecida con información procedente de los productos de VT/IC. Es necesario destacar que, tanto en el caso presencial como online, en las actividades de creatividad no se debe juzgar ninguna idea, priorizando la generación del máximo número posible de ellas. Una vez cerrados los retos creativos (deberán tener un plazo temporal) las ideas generadas se pondrán a disposición del proceso correspondiente para la selección de las que más se adecúen a los requerimientos especificados.

Respecto a los actores involucrados, la UGIDi es la encargada de la gestión de la creatividad. La Figura 24 representa los elementos que componen el proceso de creatividad, las relaciones entre los mismos y las entradas por parte de otros procesos y elementos del modelo propuesto para la gestión de la I+D+i. En ella se refleja el caso más común, es decir, activación de la creatividad para la búsqueda de ideas para proyectos de I+D+i, proporcionado para ello información del entorno externo a través de los productos de VT/IC.

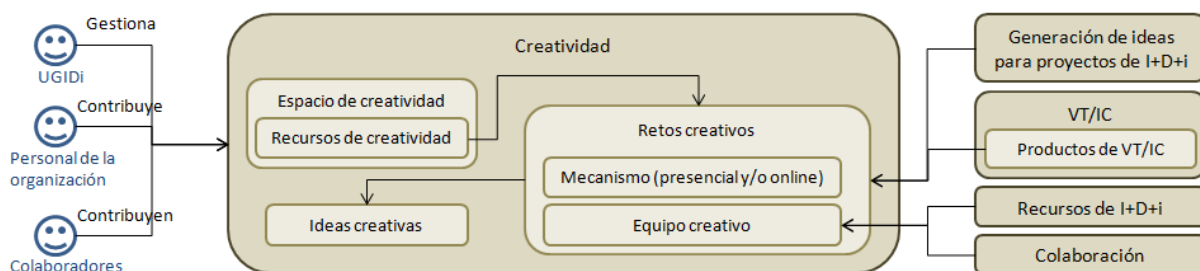


Figura 24. Representación del modelo propuesto para la gestión de la creatividad

Caso de ejemplo del modelo propuesto

En la start-up del ejemplo propuesto el “espacio creativo” es presencial (al ser un equipo pequeño), en el que semanalmente cada miembro de la empresa está encargado de exponer un contenido sobre el que los demás participan, haciendo de la creatividad una actividad continua en la empresa. Además, proactivamente buscan, registran y practican distintas técnicas de creatividad para su utilización en la generación de ideas.

Los retos creativos también se realizan principalmente de forma presencial, pero para retos de larga duración (por ejemplo, una semana) utilizan como herramienta el correo electrónico, al no tener posibilidad de invertir en herramientas más sofisticadas.

La start-up realizó una sesión de creatividad presencial, con el objetivo de generar ideas para un futuro proyecto de I+D+i en el que se incluyen servicios sociales en las apps móviles. También lanzó un reto, dinamizado por la persona experta en tecnologías de gestión de la información, para recoger ideas por correo electrónico para la integración de tecnologías Big Data en apps móviles. Las ideas generadas se tratan en el proceso de generación de ideas para proyectos de I+D+i (apartado 2.5.4.1).

También lanzaron retos creativos con otro tipo de objetivos distinto al lanzamiento de proyectos de I+D+i, principalmente para la resolución de problemas en desarrollos en curso.

2.5.4 Gestión de ideas para proyectos de I+D+i

La gestión de ideas, como se ha visto en el Capítulo 1, es el proceso central de la I+D+i, y en el que se centran principalmente los objetivos de la investigación propuesta en esta tesis doctoral (en cuyo soporte se centrará el desarrollo y aplicación de tecnologías de la Web Semántica). Como puede verse en la Figura 1 (AENOR, 2014) se trata del proceso inicial de lo que las normas denominan como procesos operativos de la I+D+i (AENOR, 2014) o proceso de gestión de la I+D+i (CEN, 2013). En el ámbito de esta tesis doctoral se decide emplear la nomenclatura de la norma española, ya que ilustra mejor la diferencia entre los distintos grupos de procesos del SiGIDi. En esta figura puede verse como la gestión de ideas se toma como el paso anterior al desarrollo de proyectos de I+D+i.

De cara a la estructuración del modelo propuesto para la gestión de la I+D+i en esta tesis doctoral, como se explicó en el apartado 2.3, se ha decidido no continuar estableciendo apartados de la misma forma que se ha hecho hasta este punto, es decir, por grupos procesos del SiGIDi, sino que se establece un apartado específico para la gestión de ideas, y otro para las actividades posteriores a ella (que se realizan lógicamente a partir de una o varias ideas elaboradas y evaluadas positivamente). Esta decisión se ha tomado debido a que la gestión de ideas para proyectos de I+D+i es el proceso central de esta investigación y a que las actividades posteriores no serán objeto de un análisis tan exhaustivo como en el caso de los entornos estratégico, analítico y de soporte a la I+D+i. Esto se debe a que los procesos posteriores a la gestión de ideas no conllevan una carga conceptual tan importante (tanto para su propia comprensión como para la de la gestión de ideas) como los demás, y a que el conjunto de entradas directas que proporcionan al proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i es mucho más limitado.

Las normas principales de referencia (AENOR 2014; CEN, 2013) engloban dentro de un único proceso de gestión de ideas la generación, captura, evaluación y selección de nuevas ideas. En el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i se considera que tanto la captura/generación como la evaluación son lo suficientemente relevantes y con la entidad

suficiente para ser abordadas como procesos individuales (si bien estrechamente relacionados, y formando ambos el proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i).

A la hora de llevar a cabo la selección de ideas para convertirse efectivamente en proyectos de I+D+i se tomarán como elementos de soporte a la decisión las evaluaciones realizadas, las cuales no serán vinculantes, debido a que la elección final consistirá en una priorización de las ideas evaluadas positivamente en la que se tendrán en cuenta factores adicionales, como es la disponibilidad de RRHH y financieros en el momento concreto. Esta selección se basará en decisiones llevadas a cabo por parte de los responsables correspondientes, como parte del proceso de gestión integrada de la cartera de proyectos de I+D+i (apartado 2.5.5.1).

Por lo tanto en el presente apartado se proporcionan los análisis y modelos correspondientes a los procesos de generación (incluyendo la captura) y evaluación de ideas para proyectos de I+D+i, para los cuales se ofrecerá soporte automático e inteligente a través de la aplicación de tecnologías de la Web Semántica desarrolladas en la presente investigación (Capítulo 3).

2.5.4.1 Generación de ideas para proyectos de I+D+i

Como se explicó en la introducción a los procesos operativos de la I+D+i (apartado 1.2.2.5), la generación de ideas para proyectos de I+D+i consistirá en el cribado y refinamiento de las ideas producidas por las distintas fuentes (principalmente la creatividad).

Análisis normativo

Las normas principales de referencia (AENOR 2014; CEN, 2013) establecen que el proceso de generación de ideas es gestionado por la UGIDi y debe incluir al menos los siguientes aspectos.

El propósito perseguido en la generación de ideas (por objetivos o general)

El lanzamiento de un proyecto de I+D+i puede estar motivado por múltiples causas (el desarrollo o mejora de un producto, una necesidad concreta de un cliente o del mercado, la posibilidad de aprovechar una oportunidad tecnológica o de negocio, etc.). Como se ha visto a lo largo de este capítulo, estos condicionantes se plasman en elementos concretos del SiGIDi (estrategia, política y objetivos de I+D+i). Debido a que los objetivos de I+D+i determinan los resultados deseados y su definición está en línea con la estrategia y política de I+D+i, el propósito de la generación de ideas en un momento dado siempre deberá corresponderse con uno o más de estos objetivos.

La frecuencia de la recopilación de ideas

En la construcción del modelo propuesto para la gestión de la I+D+i en esta tesis doctoral se considera que no debe haber una frecuencia prefijada para la recopilación de ideas, sino que esta debería lanzarse cada vez que se encuentra una necesidad concreta, o de acuerdo con la planificación de I+D+i. Por ejemplo, si se ha planificado el lanzamiento de proyectos para objetivos de I+D+i concretos en diferentes fechas, se procederá a lanzar un reto creativo para la generación de ideas. Se trata de ideas iniciales, que no seguirán un formato prefijado (pueden ser una mera descripción textual). Además se recopilarán las ideas generadas espontáneamente por parte de miembros de la organización o colaboradores que estén relacionadas con dicho objetivo. La posibilidad de esta generación espontánea estará abierta de forma continua, fomentándose así la generación de ideas.

Las fuentes a partir de las cuales se deben recopilar las ideas

Las normas indican que estas fuentes pueden ser internas (experiencia previa, creatividad) y externas (VT/IC, colaboración).

Respecto a la VT/IC en esta tesis doctoral no se consideran como fuente, ya que no genera ideas directamente, si bien supone una entrada de información útil para los procesos de creatividad y de generación de ideas para proyectos de I+D+i. La experiencia previa también supone una entrada de información relevante, pero no una fuente de generación de ideas en sí misma. En concreto, respecto a estos dos aspectos, los proyectos realizados con anterioridad en la organización (o por otras organizaciones), los productos y servicios propios o existentes en el mercado, o las organizaciones relevantes en una tecnología determinada suponen una información valiosa para el soporte a la generación de ideas. Las fuentes de ideas, por lo tanto, serán la colaboración, la creatividad y el personal de la organización, si bien no son fuentes de ideas detalladas para proyectos de I+D+i, sino de ideas iniciales a partir de las cuales elaborarlas.

Los medios para la protección de las ideas generadas y de los derechos de sus creadores

En esta tesis doctoral se considera que no debe obligarse a las organizaciones a proporcionar derechos a las personas concretas que han participado en la generación de una idea. En primer lugar porque la generación de ideas debe considerarse como una actividad colectiva, no individual, en la cual, las ideas generadas por otros miembros de la organización (convertidas en proyectos o no), los proyectos anteriores, la VT/IC, etc. suponen la inspiración para nuevas ideas. Además una idea generada debería poder ser enriquecida por otros miembros de la organización (o colaboradores externos). En este sentido, como se vio en el Capítulo 1, el proceso de generación de ideas es particularmente fructífero en entornos multidisciplinares de colaboración. En segundo lugar porque la práctica común en las organizaciones es que la producción de los empleados (material, intelectual, etc.) se considera patrimonio de la misma. En cualquier caso se considera positivo cualquier incentivo a la generación de ideas, por ejemplo a través de concursos de innovación (apartado 1.2.2.1), pero estos aspectos deben dejarse a la elección de cada organización.

Los mecanismos de registro, organización y recuperación de las ideas generadas

En este punto la organización dispone de ideas de carácter diverso (más o menos informal) procedentes de las distintas fuentes identificadas (creatividad, colaboración y personal de la organización), las cuales han sido registradas en los procesos de creatividad y colaboración, a excepción de las ideas presentadas espontáneamente por personal de la organización, las cuales serán registradas en el proceso de generación de ideas.

Dado un objetivo concreto para la generación de ideas para proyectos de I+D+i (por ejemplo, un objetivo de I+D+i), en primer lugar se procederá a una recopilación de las ideas iniciales relacionadas con dicho objetivo, y a un primer cribado de las mismas en base a criterios de alineamiento él, a su carácter innovador y a su potencial viabilidad. Posteriormente se registrarán ideas elaboradas a partir de las anteriores, en un formato que facilite su evaluación. Estas ideas también pueden generarse directamente si no se dispone de ideas previas y si se tienen claros desde el principio todos los aspectos. Para la elaboración de una idea para un proyecto de I+D+i, aparte de las ideas procedentes de las fuentes identificadas, también se podrán utilizar otras ideas para proyectos de I+D+i previamente elaboradas. En cualquier caso se considera útil que estas ideas elaboradas estén expuestas a contribuciones.

Las normas de referencia (AENOR 2014; CEN, 2013) no especifican los contenidos que deben recogerse en una idea, solamente, cómo se explica en el apartado 2.5.4.2, indican aspectos para su evaluación: el alineamiento con la estrategia de I+D+i de la organización (como se ha explicado anteriormente en el modelo propuesto este alineamiento se plasmará a través de relaciones con objetivos de I+D+i), necesidades de partes interesadas (como se ha visto en el apartado 2.5.1.3, ya están consideradas dentro de la estrategia de I+D+i),

viabilidad técnica y económica, resultado previsto, nivel de novedad introducido, legalidad, y sostenibilidad. Además la anterior versión de la norma española (AENOR, 2006c) indica que para cada idea se identifican y definen aspectos como el impacto en términos de coste, la posición en el mercado, los beneficios esperables, etc.

Teniendo en cuenta los factores anteriores, para el modelado de las ideas elaboradas en esta tesis doctoral se ha decidido incluir los siguientes campos: descripción de la idea, objetivos, resultados esperados, tecnologías más significativas, innovaciones tecnológicas y funcionales, potenciales organizaciones colaboradoras, presupuesto estimado, plan de negocio, explotación prevista, y mercados objetivo. En el apartado 2.5.4.2 se explica la influencia de cada uno los distintos criterios de evaluación definidos en la normativa. Como se explica en el apartado 3.2, se proporcionará soporte automático a través de la aplicación de tecnologías de la Web Semántica mostrando proactivamente ideas similares, la similitud con los objetivos de I+D+i, proyectos (internos y externos) similares, productos similares, la existencia de tecnologías propias de la idea en la organización y en los potenciales colaboradores, y las coincidencias con tendencias tecnológicas y de mercado. De esta forma el usuario podrá verificar el alineamiento con los objetivos de I+D+i, la viabilidad técnica y económica, y el nivel de novedad de la idea, y podrá enriquecerla en base a estos aspectos, reorientando su descripción o, por ejemplo, incluyendo colaboradores que no había tenido en cuenta previamente.

Introducir explícitamente el fomento de la creatividad en la estrategia de I+D+i

Este aspecto se encuentra contemplado en el proceso de creatividad (apartado 2.5.3.5).

Proporcionar liderazgo creativo y para fomentar la creatividad

Involucrando/dando soporte y gestionando al personal en el proceso creativo, reconociendo la creatividad y gestionando los riesgos inherentes a ella. Todos estos aspectos han sido tratados en este mismo apartado, y en proceso de creatividad (apartado 2.5.3.5).

Identificar los impulsores de la creatividad

Las normas incluyen los siguientes impulsores: la investigación de mercado y de usuario; tendencias tecnológicas, sociales y económicas; la inteligencia procedente de los clientes; la fuerza de ventas y los socios de negocio; la OI y el uso de la agencias de soporte a la I+D+i; mapeo de oportunidades e identificación de problemas; y herramientas de creatividad para la búsqueda de ideas. Todos estos factores impulsores han sido tenidos en cuenta anteriormente en este mismo apartado en forma de fuentes, entradas y herramientas de soporte a la generación de ideas.

Modelo propuesto

A continuación se explica en detalle el proceso de generación de ideas para proyectos de I+D+i dentro del modelo propuesto, en base a las consideraciones establecidas en el análisis normativo. En primer lugar se detallan los elementos que lo componen y las relaciones entre los mismos.

Las fuentes de ideas iniciales de entrada a esta actividad serán: la creatividad, la colaboración y el personal de la organización. A partir de estas ideas iniciales se realizará una criba, de la que se obtendrá un subconjunto de ideas que cumpla con los criterios de alineamiento con el objetivo de cada acción de generación de ideas creativas (o con algún objetivo de I+D+i en los otros dos casos), a su carácter innovador y a su potencial viabilidad.

Para permitir una evaluación rigurosa, a partir del subconjunto de ideas iniciales cribadas se generarán ideas para proyectos de I+D+i, elaboradas de forma que se posibilite su futura evaluación, incluyendo los siguientes aspectos: descripción, objetivos, resultados esperados, tecnologías más significativas, innovaciones tecnológicas y funcionales, potenciales organizaciones colaboradoras, presupuesto estimado, plan de negocio, explotación prevista, y mercados objetivo.

Para orientar la descripción de los distintos aspectos de la idea de forma que pueda llegar a cumplir con los criterios de evaluación (apartado 2.5.4.2) se utilizará el conocimiento generado en distintas actividades del SiGIDI: (i) los objetivos de I+D+i para los objetivos y resultados esperados; (ii) la VT/IC para todos los apartados, ya que en ella se incluye información tanto tecnológica, como de mercado, de productos y proyectos; (iii) las capacidades de los recursos de I+D+i para las tecnologías significativas; (iv) la colaboración para los colaboradores potenciales (con los que se puede haber colaborado anteriormente) y para las tecnologías de la idea; y (v) la gestión integrada de la cartera de proyectos para detectar sinergias, buscar la diferenciación con proyectos existentes y analizar el éxito de los mismos.

Respecto a los actores involucrados, la UGIDI gestionará esta actividad, y cualquier miembro de la organización podrá generar ideas, tanto iniciales, como para proyectos de I+D+i, y enriquecer las generadas por otros. Además los colaboradores externos pueden generar ideas iniciales, y contribuir a enriquecer las ideas generadas en la organización.

La Figura 25 representa los elementos que componen el proceso de generación de ideas para proyectos de I+D+i, las relaciones entre los mismos y las entradas por parte de otros procesos y elementos del modelo propuesto para la gestión de la I+D+i:

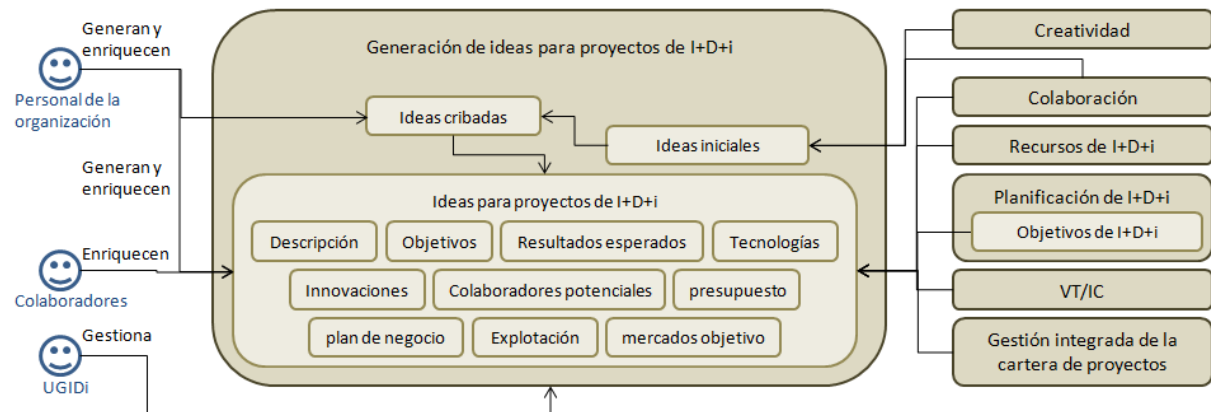


Figura 25. Representación del modelo propuesto para la generación de ideas para proyectos de I+D+i

Caso de ejemplo del modelo propuesto

La start-up de apps para móviles del ejemplo propuesto cuenta con un número importante de ideas iniciales generadas por las fuentes identificadas. Por medio de la colaboración, entre otras, cuenta con la idea de un grupo de investigación en Computación Pervasiva para la construcción de un framework para el desarrollo de interfaces HTML5 (apartado 2.5.3.3), la cual pasa el filtro inicial debido a su carácter innovador y al alineamiento (de forma indirecta) con el objetivo de I+D+i relacionado con la incorporación de capacidades sociales a las apps.

Por medio de la creatividad, después de una criba inicial, cuentan con ideas para dos objetivos distintos: Apps móviles con capacidades sociales incorporadas (red social para la organización de actividades deportivas, recomendador de productos de todo tipo, y servicios

de eGoberment), e integración de Big Data en apps móviles (incorporación de datos de precios de productos para un recomendador inteligente, servicios sanitarios en base a la recopilación y análisis de información procedente de sensores, y un sistema de soporte a distintos tipos de investigación a través del análisis de grandes cantidades de datos).

A partir de las ideas disponibles la empresa elaboró varias ideas para proyectos de I+D+i, de las cuales a continuación se muestra, de forma resumida, la descripción de una idea con el objetivo de presentar un proyecto de I+D+i en el programa europeo H2020, para lo cual seleccionó una serie de ideas disponibles y realizaron los cambios necesarios para alcanzar dicho objetivo. Esta será la idea de la que se ofrecerá el ciclo completo, para ilustrar el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i en esta tesis doctoral.

Como soporte a la elaboración de la idea se utilizó la plataforma de soporte a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i explicada en el apartado 3.2. En la descripción no se encuentra la información relativa a aspectos financieros (presupuesto estimado, plan de negocio, explotación prevista) ya que no están incluidos en el proceso de evaluación de la ideas (apartado 2.5.4.2), sino que serán aspectos que influirán en la decisión final de ejecutar el proyecto como parte de la gestión integrada de la cartera de proyectos (apartado 2.5.5.1).

Idea: Sistema recomendador de contenidos multimedia	
Descripción	Sistema recomendador de contenidos multimedia (imagen, vídeo, 3D, tiempo real, social media, etc.), el cual se basa en la recopilación de contenidos procedentes de muy diversas fuentes, del análisis de información en Internet relacionada con los distintos tipos de contenidos (obtención de tendencias, mercado, apariciones de contenidos similares, etc.) y análisis de interacción social en la plataforma en relación a dichos contenidos.
Objetivos	Facilitar el tránsito de la empresa hacia desarrollos multiplataforma. Incorporación de tecnologías Big Data en apps. Desarrollo de apps que incluyan servicios de red social. Obtención de una app innovadora multiplataforma. Obtención de financiación en el programa H2020.
Resultados esperados	App para la recomendación de contenidos multimedia. Interfaz HTML5 que facilitará el desarrollo multiplataforma de nuevos productos. Tecnologías para el análisis de grandes cantidades de datos, y para servicios basados en red social reutilizable en futuras apps de la empresa. Adquisición de conocimiento en estas tecnologías para incorporarlos a los productos de la empresa y facilitar seguir innovando en nuevos ámbitos tecnológicos.
Tecnologías más significativas	Interfaces HTML5, análisis de grandes cantidades de datos (Big Data), y servicios basados en red social.
Innovaciones tecnológicas	Incorporación de tecnologías Big Data en apps móviles. Creación de un framework para el desarrollo de interfaces HTML5 que permita el ahorro de tiempo y esfuerzo en desarrollos multiplataforma.
Innovaciones funcionales	De acuerdo con la convocatoria de 2015 del H2020 ⁷⁹ , la creación de contenidos, el acceso, la recuperación y la interacción ofrecen una serie de oportunidades y desafíos, para las industrias creativas y de los medios de comunicación. La idea proporciona una forma optimizada de acceso a los contenidos, y potencia la participación de los usuarios. No se han identificado productos ni proyectos internos o externos con las características propuestas.

⁷⁹ <http://ec.europa.eu/research/participants/portal/desktop/en/opportunities/h2020/topics/9085-ict-19-2015.html>

Potenciales organizaciones colaboradoras	Grupo de Investigación en Computación Pervasiva (GICP) de la Universidad Felipe VI (España). Big Data Research Group (BDRG) de la Universidad Gustav II (Suecia). Empresa de Social Media SocMed (UK).
Mercados objetivo	De acuerdo con la convocatoria de 2015 del H2020, la demanda de contenido de alta calidad y nuevas experiencias de usuario está creciendo. Gracias a la adopción de tecnologías ubicuas, el uso generalizado de dispositivos móviles, la penetración de Internet de banda ancha, y el aumento de potencia de cálculo, se está haciendo realidad el consumo de contenido en cualquier lugar, en cualquier momento y en cualquier dispositivo. La oportunidad de establecer nuevas formas de creación y acceso a contenidos, y la participación de los usuarios podría ser transformadora para muchas empresas en las industrias creativas y de medios, lo cual las permitirá ser más competitivas, incorporando las tendencias tecnológicas.

Tabla 9. Ejemplo de descripción de idea para proyecto de I+D+i

2.5.4.2 Evaluación de ideas para proyectos de I+D+i

Como se explicó en la introducción a los procesos operativos de la I+D+i (apartado 1.2.2.5), en el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i en esta tesis doctoral se considera necesario que la evaluación positiva de una idea no implique el inmediato lanzamiento de un proyecto de I+D+i, ya que no siempre es posible desarrollar ideas inmediatamente para convertirlas en innovaciones (CEN, 2013) (Nieters & Pande, 2012), sino que se base únicamente en criterios de “calidad” de la idea: alineamiento con el entorno estratégico de I+D+i, análisis de las tecnologías involucradas, innovación técnica y funcional, viabilidad técnica para la obtención de los resultados previstos (capacidad propia o de colaboradores identificados), y viabilidad económica.

La presente investigación proporcionará elementos de soporte automático a la evaluación de ideas en base a estos criterios apartado 3.2.

Análisis normativo

De acuerdo con la normativa de referencia (AENOR 2014; CEN, 2013), la gestión de ideas incluye, aparte de la generación y recopilación, su evaluación y selección. Como se ve, las normas no hacen diferenciación entre ambos aspectos (evaluación y selección), siendo incoherentes con la aseveración que hacen respecto a que no siempre es posible desarrollar ideas inmediatamente para convertirlas en innovaciones, y con la inclusión en dichas normas de un apartado para la “gestión integrada de la cartera de proyectos”, en la que, como se explica en el apartado 2.5.5.1, se deben tener en cuenta aspectos como el alineamiento con prioridades, o el equilibrio entre los proyectos.

En este sentido la norma europea (CEN, 2013) también indica que se deben categorizar ideas para desarrollo inmediato, a medio o a largo plazo, incluyendo proyectos abandonados (como recurso para ayudar a seleccionar y desarrollar futuras ideas), lo cual también queda fuera de lo que es estrictamente la evaluación de ideas. Por otro lado la anterior versión de la norma española (AENOR, 2006c) incluye un apartado de “planificación, seguimiento y control de la cartera de proyectos”, en el que como parte de la planificación se recoge la revisión y aprobación de los proyectos. Por lo tanto se decide incluir en la gestión de ideas únicamente la generación y evaluación de las ideas (dejando en este apartado únicamente su evaluación) y tratar la selección ideas para proyectos de I+D+i en la gestión de la cartera de proyectos (apartado 2.5.5.1).

De acuerdo con las consideraciones anteriores, en el modelo propuesto se incluirán en la evaluación de ideas los criterios que las normas consideran como de “evaluación y

selección”, y para su selección para convertirse en proyectos de I+D+i los criterios considerados por las normas para conformar la cartera de proyectos de I+D+i.

Estas normas indican que deben incluirse como mínimo métodos y criterios para la evaluación (y selección) de ideas, teniendo en cuenta, por ejemplo, las necesidades de usuarios y otras partes interesadas, el alineamiento con la estrategia de I+D+i de la organización, la viabilidad técnica y económica, el resultado previsto, el nivel de novedad introducido, aspectos legales y de sostenibilidad, etc. Como se explicó en al tratar la generación de ideas (apartado 2.5.4.1), en el modelo propuesto se ha decidido evaluar la alineación de las ideas respecto a los objetivos de I+D+i, lo cual garantiza el alineamiento con las necesidades de las partes interesadas y con la estrategia de I+D+i. Por otro lado los aspectos legales y de sostenibilidad se consideran opcionales, debido a que su necesidad dependerá del ámbito de la aplicación de la I+D+i en cada organización. Por último es necesario resaltar que los criterios a contemplar en la evaluación serán considerados en base a los resultados que se pretende obtener, por lo que éste no se considera un aspecto que deba ser evaluado de forma independiente.

Como se explica en el apartado 3.2, se proporcionará soporte automático e inteligente a la evaluación de ideas para proyectos de I+D+i a través de la aplicación de tecnologías de la Web Semántica proporcionando ideas similares, la similitud con los objetivos de I+D+i, proyectos similares (internos o externos), productos similares, la existencia de tecnologías propias de la idea en la organización y en los potenciales colaboradores, y las coincidencia con tendencias tecnológicas y de mercado. De esta forma el usuario tendrá información de soporte para verificar el alineamiento con los objetivos de I+D+i, el nivel de novedad de la idea, y su viabilidad técnica y económica.

Modelo propuesto

A continuación se explica en detalle el proceso de evaluación de ideas para proyectos de I+D+i dentro del modelo propuesto, en base a las consideraciones establecidas en el análisis normativo. En primer lugar se detallan los elementos que lo componen y las relaciones entre los mismos.

La entrada principal serán las ideas producto del proceso de generación de ideas para proyectos de I+D+i.

Los criterios para la evaluación de ideas son los siguientes: alineamiento con los objetivos de I+D+i, nivel de novedad, viabilidad técnica y viabilidad económica. El alineamiento con los objetivos de I+D+i tendrá como entrada, lógicamente, dichos objetivos. El alineamiento con el nivel de novedad tendrá como entradas la VT/IC (proyectos y productos externos) y la gestión integrada de la cartera de proyectos (información de proyectos anteriores de la organización); la viabilidad técnica tendrá como entradas los procesos de VT/IC (estado de las tecnologías), recursos de I+D+i (capacitación), colaboración (evaluación de los colaboradores) y la gestión integrada de la cartera de proyectos (éxito en la obtención de resultados en proyectos anteriores); y la viabilidad económica tendrá como entradas la VT/IC (productos existentes y tendencias de mercado) y la explotación de resultados en proyectos anteriores relacionados con la idea (éxito en la explotación de resultados).

La Tabla 10 muestra la relación entre los criterios de evaluación de una idea identificados, los campos de su definición descritos en el apartado 2.5.4.1, y las entradas de información procedentes de otras actividades del SiGIDi.

Criterio de evaluación	Aspectos de la definición de una idea	Entradas de otras actividades del SiGIDI
Alineamiento con objetivos de I+D+i	Objetivos	Objetivos de I+D+i
Nivel de novedad	Todos los aspectos	VT/IC (proyectos y productos externos), gestión integrada de la cartera de proyectos (proyectos anteriores similares)
Viabilidad técnica	Tecnologías más significativas, innovación técnica, potenciales organizaciones colaboradoras	VT/IC (tendencias tecnológicas, colaboradores potenciales), colaboración (colaboradores identificados). recursos de I+D+i (capacitación), gestión integrada de la cartera de proyectos (éxito en la obtención de resultados)
Viabilidad económica	Presupuesto estimado, plan de negocio, explotación prevista, mercados objetivo	VT/IC (tendencias de mercado), gestión integrada de la cartera de proyectos (éxito en la explotación de resultados)

Tabla 10. Relación entre criterios de evaluación de una idea, campos de su definición, y entradas de información

En el modelo propuesto la evaluación consistirá en una puntuación (y la explicación correspondiente) para cada criterio y una puntuación final calculada a través de una media ponderada. Para calcular la puntuación final se otorgarán unos pesos a cada criterio, sumando un total de 100. Cada organización elegirá los pesos para cada criterio en base a su entorno estratégico de I+D+i. Además existirán unos umbrales mínimos para cada criterio y para la puntuación final, también a elegir por cada organización. Por último se incluirá una descripción general de la evaluación de la idea y recomendaciones de los siguientes pasos a seguir a partir de la misma (por ejemplo, recomendar el lanzamiento de un proyecto de forma inmediata, o esperar a que se de algún tipo de circunstancia para ello, etc.).

Respecto a los actores involucrados, la UGIDi gestionará la evaluación de ideas para proyectos de I+D+i.

La Figura 26 representa los elementos que componen el proceso de evaluación de ideas para proyectos de I+D+i, las relaciones entre los mismos y las entradas por parte de otros procesos y elementos del modelo propuesto para la gestión de la I+D+i:

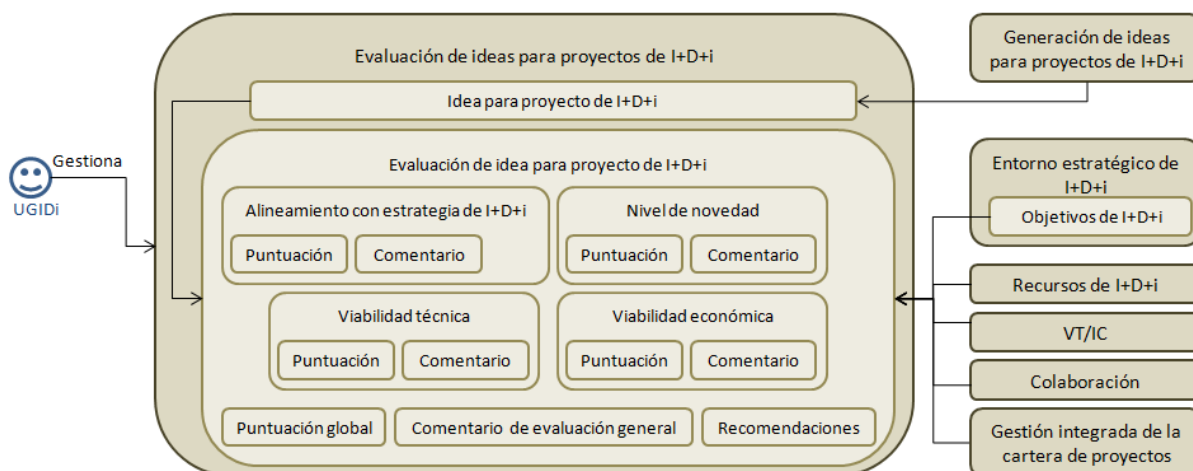


Figura 26. Representación del modelo propuesto para la evaluación de ideas para proyectos de I+D+i

Caso de ejemplo del modelo propuesto

Para ilustrar el modelo de evaluación de ideas para proyectos de I+D+i propuesto, a continuación se expone la forma en la que sería abordado este proceso por la start-up de apps para móviles, y se muestra, de forma resumida, la evaluación de la idea para proyecto de I+D+i de ejemplo descrita en el apartado 2.5.4.1. Como soporte a la evaluación de la idea la empresa utilizó la plataforma de soporte a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i explicada en el apartado 3.2.

En primer lugar la UGIDi pondera los criterios de evaluación en base a su estrategia y política de I+D+i. Debido que, como se vio en el apartado 2.5.1.3, basan su innovación en el desarrollo de nuevos productos y persiguen la participación en proyectos de I+D+i sujeta a la obtención de ayudas para su desarrollo, la viabilidad económica tienen un peso relevante. El criterio de viabilidad técnica es razonable, pero no especialmente, relevante. También es importante el nivel de novedad, ya que la empresa modificó la estrategia de I+D+i para incluir mayor innovación en sus desarrollos. En cuanto al alineamiento con los objetivos de I+D+i, deciden que tenga un peso relevante, pero inferior a los aspectos de viabilidad, ofreciendo la posibilidad de explorar nuevas vías, lo cual es un aspecto de la estrategia de I+D+i. De esta forma, han ponderado de los criterios de evaluación con los siguientes pesos: alineamiento con los objetivos de I+D+i (20%), nivel de novedad (30%), viabilidad técnica (20%) y viabilidad económica (30%).

También en base a estos condicionantes establece los siguientes umbrales mínimos (sobre 10) para los distintos criterios: alineamiento con los objetivos de I+D+i (6), nivel de novedad (8), viabilidad técnica (6) y viabilidad económica (8). Además, establece que umbral mínimo en la evaluación global de la idea en 7 sobre 10.

La Tabla 11 muestra la evaluación de la idea de ejemplo para cada criterio, tras analizar los distintos apartados de su descripción en base a la información mostrada en la Tabla 10.

Criterio de evaluación	Puntos	Comentario
Alineamiento con los objetivos de I+D+i	9	La idea está alineada con la mayoría de los objetivos de I+D+i, ya que se pretende obtener una app innovadora, que incorpora tecnologías sociales y Big Data, y que se convierta en un producto. Además, va encaminada a la participación en un proyecto en el programa H2020. Por otra parte, la idea supone una aproximación novedosa que ayudará a tener apps multiplataforma, aunque no supone desarrollos directos en Android, que es uno de los aspectos que busca la empresa.
Nivel de novedad	8	Big Data y HTML5 no son aspectos rupturistas en el ámbito generalista, pero sí suponen novedades en el ámbito de las apps móviles (incorporación de Big Data, y framework para el desarrollo de interfaces HTML5). Además son tendencias tecnológicas identificadas en la VT/IC. Desde el punto de vista funcional se han detectado productos recomendadores y con características sociales, también en el campo de multimedia, si bien no con el enfoque ni las características avanzadas propuestas. Por último, supone una novedad respecto a los proyectos de la empresa.
Viabilidad técnica	6	La VT/IC ha detectado que se trata de tecnologías con un alto potencial en los próximos años. Además, los socios potenciales detectados se consideran valiosos para alcanzar los resultados esperados. La empresa no tiene experiencia en las tecnologías propuestas, pero cuenta con recursos capacitados para poder llevar a cabo el proyecto.

Viabilidad económica	8	La VT/IC ha detectado que existe una creciente demanda tanto en lo referente al tipo de producto como a las tecnologías propuestas. Si bien no se trata de mercados totalmente asentados, este factor supone a su vez una oportunidad de competir ventajosamente en los mismos. Por otra parte se han detectado oportunidades de financiación a través del programa H2020, si bien se constata que es un programa muy competitivo.
----------------------	---	--

Tabla 11. Ejemplo de evaluación de idea para proyecto de I+D+i por criterios

A partir de la evaluación de los distintos criterios, y en base a los pesos establecidos para cada uno, la evaluación global de la idea queda de la siguiente forma:

$$\frac{9 * 20 + 8 * 30 + 6 * 20 + 8 * 30}{100} = 7,8$$

Como comentario general la UGIDi analiza que la idea supone una oportunidad para adentrarse en las tecnologías que ha detectado como estratégicas, adquiriendo a su vez nuevo conocimiento, y que le permitirá ser más competitiva en el mercado, mejorando su cartera de productos e incrementando sus clientes, gracias a su introducción en un mercado que supone oportunidades competitivas.

Como recomendación de cara a la toma de decisiones a la hora de seleccionar los proyectos a ejecutar se aconseja el lanzamiento inmediato de la propuesta correspondiente para la búsqueda de financiación en el programa H2020 para el desarrollo del proyecto, ya que esto permitirá llegar a tiempo a la convocatoria con garantías de éxito.

2.5.5 Procesos posteriores a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i

En este apartado se presentan los procesos que se realizan posteriormente a la evaluación de una idea para el posible lanzamiento de un proyecto de I+D+i. Debido a que los objetivos de esta tesis doctoral se centran principalmente en el soporte a la gestión (elaboración y evaluación) de ideas para proyectos de I+D+i, en el modelo propuesto solamente se tratarán los elementos correspondientes a cada proceso desde el punto de vista de la realimentación de información que puede tener influencia (directa o indirectamente) en dicha gestión de ideas.

2.5.5.1 Gestión integrada de la cartera de proyectos de I+D+i

Una cartera de proyectos es *“un grupo de proyectos que compiten por los escasos recursos y se llevan a cabo bajo el patrocinio o la gestión de una organización en particular”* (Jonas, 2010).

Análisis normativo

Cuando se alcanza una situación con múltiples proyectos en paralelo la organización debe establecer una gestión integrada de la cartera de proyectos (AENOR 2014; CEN, 2013). Como se explicó al tratar el proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i (apartado 2.5.4), a partir de las ideas evaluadas positivamente, el primer paso en la gestión de la cartera de proyectos se centra en seleccionar y planificar los proyectos a ejecutar. Para ello las principales normas de referencia (AENOR 2014; CEN, 2013) establecen que se deben tener en cuenta los siguientes aspectos: *“(i) el alineamiento con las prioridades de acuerdo con la estrategia, la política y los objetivos de I+D+i establecidos; (ii) el equilibrio entre los proyectos a corto y a largo plazo, entre los proyectos de riesgo bajo y elevado, etc.; y (iii) la optimización de los recursos compartidos”*. El primer punto se ha tenido en cuenta en la

evaluación de ideas, sin embargo, aunque todas las ideas estarán alineadas con estos aspectos, no todas lo estarán en la misma medida, por lo que será un criterio para la selección cuando varias ideas compiten por convertirse en un proyecto de I+D+i. Para verificar los puntos (ii) y (iii) entrarán en juego los aspectos de la descripción de la idea no considerados en su evaluación (presupuesto estimado, plan de negocio y explotación prevista).

A este respecto la anterior versión de la norma española (AENOR, 2006c) considera también los aspectos siguientes: *“propuesta de prioridades, buscar fuentes de financiación, y buscar colaboraciones internas y externas”*. Por lo tanto se tendrá como entrada el entorno estratégico, y los procesos de evaluación de ideas, recursos de I+D+i y colaboración.

El siguiente paso en la gestión integrada de la cartera es la supervisión global del progreso de los proyectos, donde las normas solamente indican que se debe tener en cuenta el impacto de la evolución del contexto interno y externo en el desarrollo de los proyectos. A este respecto la anterior versión de la norma española (AENOR, 2006c) ofrece una información más completa, indicando que la UGIDi debe establecer una sistemática para llevar a cabo el seguimiento y control de la cartera de proyectos, considerando los aspectos como los siguientes: *“supervisar el progreso global y dirigir las revisiones periódicas; elaborar informes de estado de situación y progreso de los proyectos, en base a la información proporcionada por la UIDi; valorar el impacto de la evolución del estado del arte relacionado con los proyectos; etc.”*. Por lo tanto se usarán como entradas el seguimiento y control de la cartera de proyectos de I+D+i la información relativa al desarrollo y gestión de un proyecto individual (apartado 2.5.5.2), además de los análisis externo (apartado 2.5.2.2) e interno (apartado 2.5.2.3).

Relación con el proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i

La información correspondiente a los proyectos ejecutados supone un elemento relevante de entrada al proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i. Esta información es la identificada en el apartado 2.5.4, y se refiere a una serie de consideraciones (nivel de novedad, posibles sinergias y éxito en la obtención de resultados) en relación a los proyectos de I+D+i anteriormente emprendidos por la organización, relacionados con cada idea.

Caso de ejemplo

La start-up de apps para móviles del caso de ejemplo propuesto realiza el seguimiento de los proyectos de I+D+i con regularidad, identificando que, en general, se obtienen resultados aplicables, pero que no son los suficientemente innovadores, lo cual limita su ámbito de explotación. Así mismo identificó, respecto a la idea evaluada positivamente (apartado 2.5.4.2), un mayor nivel de alineación con el entorno estratégico, ya que el resto de ideas se alineaban con uno de los objetivos de I+D+i, mientras que ésta lo hacía con la mayoría de ellos. Además, como un proyecto de la empresa se encuentra en su fase final, es viable un lanzamiento inmediato del propuesto, al quedar recursos disponibles. Por otro lado se trata del primer proyecto que tendría un cierto nivel de riesgo técnico, pero se considera asumible. Por lo tanto decide poner en marcha dicho proyecto, configurando el equipo del mismo, incluyendo al personal experto en tecnologías de gestión de la información, y contactando con los colaboradores valiosos detectados. Por último se dispone a elaborar una propuesta para el programa H2020, con el objetivo de encontrar la financiación necesaria.

2.5.5.2 Proyecto de I+D+i

En la gestión integrada de la cartera de proyectos se incluía la fase inmediatamente posterior a la evaluación de ideas para proyectos de I+D+i, y el seguimiento del conjunto de esos

proyectos en forma de cartera integrada. En el presente apartado se trata la gestión de un proyecto de forma individual, entendiéndose un proyecto como un *“proceso único consistente en un conjunto de actividades coordinadas y controladas con fechas de inicio y de finalización, llevadas a cabo para lograr un objetivo conforme con requisitos específicos, incluyendo las limitaciones de tiempo, costo y recursos”* (AENOR, 2006; ISO, 2005).

Análisis normativo

Un vez que se selecciona una idea se desarrollada típicamente a través de un proyecto de I+D+i y/o por medio de colaboraciones externas, alianzas, fusiones y adquisiciones (CEN, 2013).

La norma UNE 166000 (AENOR, 2006) establece que *“los objetivos de un proyecto deben ser concretos, mensurables, alcanzables y retadores; un proyecto individual puede formar parte de una estructura de proyectos más grande; la organización puede ser temporal y establecerse únicamente durante la duración del proyecto; el resultado de un proyecto puede ser una o varias unidades de producto”*. Esta norma también define un plan de proyecto como un *“documento que especifica lo que es necesario para alcanzar el (los) objetivo(s) del proyecto”*, y la evaluación de la marcha del proyecto como la *“evaluación de los resultados de las actividades del proyecto, basada en criterios definidos y llevada a cabo en momentos adecuados a lo largo del ciclo de vida del mismo”*, por lo que en el modelo propuesto se recomienda la incorporación de ambos elementos a este proceso.

Por otra parte las normas de referencia (AENOR 2014; CEN, 2013) recomiendan el desarrollo de proyectos de I+D+i siguiendo una metodología. Ponen como ejemplos un proceso por etapas, también denominado *“phase-gate”* (su principal ventaja es la disciplina que impone para establecer un plan de proyecto detallado con objetivos claros y entregables, el cual se monitoriza a medida que el proyecto se desarrolla), o un proceso de *“pensamiento innovador”* (aproximación iterativa y repetible para explorar problemas y oportunidades con el objetivo de identificar soluciones significativamente mejores y anticipar necesidades futuras). Estas normas también establecen que el desarrollo de los proyectos debe considerar como mínimo los siguientes aspectos: *“objetivos y resultados previstos para cada proyecto; tareas que se van a realizar; recursos (materiales e inmateriales) necesarios; hitos que se deben cumplir, incluidas las fechas de inicio y de finalización; revisiones formales para evaluar la progresión del proyecto; identificación y gestión de riesgos; control y documentación de resultados y cambios; actividades de soporte necesarias para el desarrollo del proyecto (creatividad, VT/IC, gestión de la PI, etc.)”*. Estas actividades de soporte han sido analizadas en los apartados 2.5.3.5, 2.5.2.1, y 2.5.3.4, respectivamente.

Relación con el proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i

En Relación con el proceso gestión de ideas para proyectos de I+D+i, la gestión de un proyecto a nivel individual solamente se tendrá en cuenta desde el punto de vista de que sirve de entrada a la gestión integrada de la cartera de proyectos de I+D+i, que es la que proporcionará información relevante para el soporte a la gestión de ideas.

Caso de ejemplo

Para la gestión y desarrollo del proyecto de ejemplo propuesto, la start-up de apps para móviles decidió emplear una metodología ágil, basada en ciclos cortos de desarrollo centrados en la obtención de resultados preliminares, hasta la consecución de los objetivos del proyecto.

El objetivo principal del proyecto es el definido en la descripción de la idea (apartado 2.5.4.1), es decir una app para la recomendación de contenidos multimedia, basado en la recopilación de contenidos procedentes de muy diversas fuentes, el análisis de información en Internet relacionada con los distintos tipos de contenidos y el análisis de la interacción social en la plataforma en relación a dichos contenidos.

Para su consecución se establecieron los siguientes objetivos para la obtención de resultados preliminares: framework para el desarrollo de interfaces HTML5, mecanismo para la incorporación de tecnologías Big Data en apps móviles; motor de análisis de grandes cantidades de datos (“*Big Data Analytics*”); motor de análisis de interacción social en apps móviles. Estos resultados servirían para la consecución del objetivo general del proyecto, pero también para su incorporación en productos de la empresa (nuevos productos y mejora de los existentes). Así mismo la empresa estableció como objetivo la adquisición del conocimiento en las tecnologías correspondientes.

En un inicio se identificaron riesgos principalmente relacionados con las carencias de conocimiento respecto a las tecnologías en la organización, para cuya prevención se planificaron grupos de trabajo conjuntos desde el inicio del proyecto, en los que participasen desde el inicio personal de la empresa con los socios expertos en cada tecnología.

Respecto a los procesos de soporte, principalmente se articularon acciones de creatividad con participación de los distintos socios del proyecto, en las que se obtuvieron ideas valiosas para incorporar aspectos innovadores en todos los resultados del proyecto. Así mismo se estableció la propiedad y el derecho de acceso y explotación a cada uno de los resultados por parte de los distintos miembros del consorcio. Por último, se incorporó información relevante al proceso de VT/IC, a raíz de los estudios realizados en las distintas tecnologías.

2.5.5.3 Explotación de los resultados de I+D+i

Se entiende como explotar sacar utilidad y beneficio de algo. Desde el punto de vista de la I+D+i, esto se traduce en recuperar el capital invertido en los proyectos y generar rentabilidad sobre la inversión realizada (Asociación de la Industria Navarra, 2008). En este sentido las normas de referencia (AENOR 2014; CEN, 2013) indican que para que la I+D+i se considere exitosa, los resultados deben introducirse en el mercado o implantarse en un proceso y proporcionar retorno a la organización.

Análisis normativo

Las normas de referencia (AENOR 2014; CEN, 2013) establecen que los resultados de los proyectos de I+D+i deben explotarse de forma adecuada de acuerdo con la estrategia de I+D+i de la organización, valorando previamente su viabilidad y oportunidad.

Para realizar la explotación, estas normas señalan, en primer lugar, la existencia de mecanismos y acuerdos de explotación relacionados con la protección de la PI: cesión, concesión de licencias, y titularización de activos intangibles. Además establecen que para introducir un producto, proceso o servicio innovador en el mercado, la organización debe planificar las actuaciones a llevar a cabo. Para ello, en primer lugar consideran que se debe identificar el entorno de PI (libertad para operar, uso de licencias, etc.) en los mercados de destino. Este aspecto fue tratado en el proceso de gestión de la PI (apartado 2.5.3.4).

Además identifican otra serie de aspectos como: “*desarrollar el plan de marketing y de ventas; asegurar que se dispone de fondos y de recursos organizativos para la introducción en el mercado y la expansión o para la implantación del nuevo proceso; establecer la*

producción, la cadena de suministro, la atención al cliente, los mecanismos para conocer su grado de aceptación y la formación de los agentes involucrados, según sea necesario”.

Relación con el proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i

La explotación de los resultados de I+D+i se tendrá en cuenta en relación con la gestión de ideas para proyectos de I+D+i, ya que proporciona información relevante para evaluar la viabilidad económica de las mismas, como se ha visto en el apartado 2.5.4.2.

Caso de ejemplo

En la start-up de apps para móviles las actividades de I+D+i llevadas a cabo anteriormente proporcionaron escaso impacto en cuanto a explotación, ya que los resultados suponían pequeñas innovaciones destinadas a necesidades de clientes concretos.

Los resultados del proyecto propuesto como ejemplo fueron explotados en distintos ámbitos. Principalmente se realizó la comercialización del producto resultante del proyecto en colaboración en una importante multinacional del sector de media. Por otro lado la empresa incorporó nuevas funcionalidades sociales y analíticas a sus apps, las cuales también fueron comercializadas con éxito. Para ello la empresa realizó las acciones expuestas en el proceso de gestión de la PI (apartado 2.5.3.4) y ejecutó un plan para mostrar a sus clientes habituales las novedades incorporadas, hacer llegar las mismas a clientes potenciales y dar soporte a los clientes y usuarios durante la fase de adquisición y uso.

2.5.5.4 Evaluación de los resultados de los procesos operativos de I+D+i

La evaluación de los resultados de los procesos operativos de I+D+i debería proporcionar información acerca del éxito o fracaso de la I+D+i, y aprendizaje para la mejora de dichos procesos (AENOR 2014; CEN, 2013).

Análisis normativo

Las normas de referencia (AENOR 2014; CEN, 2013) indican que la evaluación de los resultados de los procesos operativos de I+D+i debe realizarse en base a una serie de indicadores, los cuales deben ser definidos previamente por la organización.

En cuanto a estos indicadores la norma española (AENOR, 2014) pone como ejemplos el número de ideas, o el número de proyectos realizados en función del número de ideas generadas. Por el contrario la norma europea (CEN, 2013) indica que estos resultados para la organización son económicos (tasa de crecimiento de los beneficios y de los ingresos, ahorro de costes para la organización y sus clientes, crecimiento del margen en las operaciones, retorno en la inversión en I+D+i, etc.) y no económicos (número de ideas implantadas, cuota de mercado, eficiencia de los procesos, reconocimiento de marca y reputación, impacto en los empleados, activos intangibles, sostenibilidad ecológica y social).

En cuanto a los actores involucrados, la norma indica que la organización debe especificar qué, con qué frecuencia, en base a qué y por medio de quién se evaluarán los resultados. Siguiendo la filosofía general establecida en esta tesis doctoral, esta actividad será llevada a cabo por la UGIDi, bajo la supervisión de la dirección de I+D+i a través de las revisiones por la dirección.

Relación con el proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i

La evaluación de los resultados de los procesos operativos de I+D+i tiene influencia en el proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i, ya que proporciona información relevante para el rediseño de dicho proceso (además de el del resto de procesos operativos de

la I+D+i). Por lo tanto no supone una entrada de información a la hora de proporcionar información útil de soporte a la gestión de ideas, sino para el ajuste de sus mecanismos de forma que se optimicen los resultados obtenidos. Por ejemplo, a partir de esta información una organización podría decidir modificar los pesos de los criterios de evaluación de ideas para proyectos de I+D+i, o incluir apartados adicionales en su definición de forma que se expliciten más claramente aspectos en los que ha identificado una necesidad de mejora.

Evidentemente una organización también podría redefinir otros procesos operativos de la I+D+i a partir de la información relativa a la evaluación de sus resultados, como por ejemplo, modificar sus planes de marketing para mejorar la explotación de los resultados obtenidos. En cualquier modo esta es una entrada de información indirecta, ya que estas decisiones se adoptarán como parte del proceso de evaluación del desempeño y mejora del SiGIDi, a partir de la información proporcionada por la evaluación de los resultados de los procesos de I+D+i y del resto de los procesos del SiGIDi.

Caso de ejemplo

La evaluación de los resultados en la start-up propuesta como ejemplo han mostrado que a partir del proyecto descrito la empresa ha aumentado sus beneficios e ingresos, al incrementar el número de clientes, diversificar su mercado y por haber comercializado directamente los resultados del proyecto. Por ello el retorno en la inversión se considera muy satisfactorio. La empresa no ha disminuido sus costes, ya que ha precisado de la incorporación de nuevo personal para el desarrollo y soporte de nuevos productos a partir de los resultados obtenidos en el proyecto. Por otra parte la idea seleccionada se implantó con éxito, la empresa ha pasado a ser más conocida tanto a nivel de mercado como a nivel de I+D+i (lo cual le reportará nuevas oportunidades de colaboración) y, no sólo ha aumentado el número de empleados, sino que ha mejorado la satisfacción y el conocimiento de los empleados con que ya contaba.

2.5.5.5 Evaluación del desempeño y mejora del sistema de gestión de la I+D+i

La evaluación de cualquier tipo de SGC puede variar en alcance y comprender una diversidad de actividades, tales como auditorías y revisiones del sistema y autoevaluaciones (ISO, 2005). Cuando se evalúa cualquier tipo de SGC, hay cuatro preguntas básicas que deberían formularse en relación con cada uno de los procesos que es sometido a la evaluación: (i) ¿se ha identificado y definido apropiadamente el proceso?; (ii) ¿se han asignado las responsabilidades?; (iii) ¿se han implementado y mantenido los procedimientos?; (iv) ¿es el proceso eficaz para lograr los resultados requeridos?

Por su parte, la norma UNE 166000 (AENOR, 2006) define mejora continua en I+D+i como “*actividad recurrente para aumentar la capacidad para cumplir los requisitos del SiGIDi*”.

Análisis normativo

Las normas de referencia (AENOR 2014; CEN, 2013) establecen que la organización debe determinar los métodos de seguimiento, medición, análisis y evaluación, según sea aplicable, para evaluar el desempeño y la eficacia del SiGIDi considerando los procesos: estratégicos, de soporte a la I+D+i, y los operativos de I+D+i y sus resultados.

En este punto la norma española (AENOR, 2014) incluye los aspectos recogidos en la evaluación de los resultados de los procesos operativos de I+D+i, por ello en el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i se ha preferido seguir la línea marcada por la norma europea (CEN, 2013), en la que se diferencian más claramente ambos aspectos (medición de

todos los procesos del SiGIDi, sin tener en cuenta los resultados de los procesos operativos de I+D+i). Además, como puede comprobarse, este enfoque está completamente alineado con lo establecido por la ISO (ISO, 2005).

Por otro lado la organización debe mejorar de forma continua la idoneidad y la eficacia del SiGIDi a través de sus distintos procesos y elementos, y de la evaluación del desempeño del mismo (y de sus resultados). Aparte de eso la organización debe identificar las desviaciones y/o no conformidades y establecer acciones correctivas adecuadas para eliminar sus causas (AENOR 2014; CEN, 2013).

Por último, las normas de referencia (AENOR 2014; CEN, 2013) establecen que la dirección (en el modelo propuesto la dirección de I+D+i) debe revisar el SiGIDi a intervalos planificados, para asegurarse de su conveniencia, adecuación y eficacia continuas. Esta revisión debe incluir consideraciones sobre: el estado de las acciones desde anteriores revisiones; los cambios en los entornos externo e interno que puedan afectar al SiGIDi; la información sobre el desempeño del SiGIDi, incluida la relativa a no conformidades y acciones correctivas, evaluaciones de procesos y resultados, y las oportunidades de mejora continua.

Los elementos de salida de la revisión por la dirección deben incluir las decisiones relacionadas con las oportunidades de mejora continua y cualquier necesidad de cambio en el SiGIDi incluyendo estrategia, política y objetivos.

En relación a los actores involucrados, la UGIDi será la responsable de llevar a cabo la evaluación y mejora del SiGIDi, y la dirección de I+D+i será la responsable de la toma de decisiones en las revisiones, en las que la UGIDi será la encargada de proporcionarle toda la información necesaria para esa toma de decisiones.

Relación con el proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i

Desde el punto de vista del proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i la principal entrada de información procedente de la evaluación y mejora del desempeño del SiGIDi está en los cambios producidos en el entorno estratégico de I+D+i, ya que se trata de una entrada directa de información para dicho proceso, y esta información es esencial tanto para la gestión de ideas como para el resto de procesos del SiGIDi. Sin embargo esta no es una entrada directa para el proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i, ya que dicho proceso tomará esta información directamente del entorno estratégico de I+D+i (apartado 2.5.1.3).

La evaluación y mejora del desempeño del SiGIDi también puede provocar cambios en el resto de procesos y elementos del SiGIDi, incluidos los procesos operativos de I+D+i, entre los que se encuentran la gestión de ideas para proyectos de I+D+i. Por ejemplo, se pueden proponer nuevas áreas de VT/IC, o incrementos en las capacidades del personal de la organización y las formas de lograrlos, etc. Estos cambios afectarán a la gestión de ideas directamente desde el punto de vista del rediseño de dicho proceso o indirectamente a través del rediseño de otras que son entradas a ella, pero no suponen modificaciones en las entradas de información a tener en cuenta.

Caso de ejemplo

En la start-up propuesta como ejemplo, en una primera revisión por la dirección, como se vio al tratar el entorno estratégico de I+D+i (apartado 2.5.1.3), se decide incluir entre sus líneas estratégicas los servicios de componente social y el Big Data (para su incorporación a las

apps), a partir de la información de los procesos del entorno analítico (apartado 2.5.2). Además, a partir de la evaluación de la cartera de proyectos de I+D+i (apartado 2.5.5.1) y de la explotación de los resultados de los mismos (apartado 2.5.5.3), la start-up modificó su estrategia de I+D+i, incrementando los niveles de novedad en los que se debe centrar la I+D+i en la organización, estableciendo la necesidad de obtener resultados más innovadores, y posibilitando la incorporación en los proyectos de I+D+i nuevos ámbitos no identificados a priori.

En la siguiente revisión por la dirección, a partir de la información relacionada con los proyectos de I+D+i, sus resultados, y la explotación de los mismos, la empresa confirma su estrategia de I+D+i, debido a lo satisfactorio de los datos analizados. Por último, en esta misma revisión, tras realizar la evaluación del desempeño del SiGIDi, la start-up incluyó en la planificación una serie de acciones correctivas y de mejora, entre las que destaca el rediseño del proceso de creatividad, dado que no consideró satisfactorio el número de ideas propuestas por el personal de la empresa.

2.5.5.6 Modelo propuesto para los procesos posteriores a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i

En este apartado se describe el modelo propuesto para los procesos posteriores a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i, en base a los análisis realizados en los apartados anteriores.

Como se explicó en el apartado 2.5.5.1 la gestión integrada de la cartera de proyectos de I+D+i supone la principal entrada de información, de entre estos procesos, al de gestión de ideas para proyectos de I+D+i. Como entrada a la gestión integrada de la cartera de proyectos de I+D+i se cuenta con la información de la gestión de un proyecto individual (apartado 2.5.5.2). Esta información, así mismo, sirve de entrada al proceso de explotación de resultados de I+D+i (apartado 2.5.5.3), el cual también supone una entrada a la gestión de ideas.

Por otra parte la información de la gestión integrada de la cartera de proyectos y de explotación de resultados de I+D+i suponen entradas para la evaluación de los resultados de los procesos operativos de I+D+i (apartado 2.5.5.4). Esta evaluación, junto con la información procedente de todos los procesos de I+D+i, supone una entrada al de evaluación del desempeño y mejora del SiGIDi (apartado 2.5.5.5), el cual también sirve de entrada a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i, de cara a su posible rediseño (además de proporcionar entradas a otros procesos y elementos de entrada a dicho proceso).

En cuanto a los actores involucrados, la UGIDi será la encargada de gestionar todos los procesos, a excepción de la gestión de un proyecto individual de I+D+i, que será responsabilidad de la UIDi. La dirección de I+D+i, por su parte, será la responsable de la toma de decisiones respecto a acciones a tomar para la mejora del SiGIDi en base a la información de la evaluación del desempeño y mejora del SiGIDi.

La Figura 27 representa los procesos posteriores a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i, las relaciones entre los mismos y las salidas que proporcionan a dicho proceso. La salida que no se corresponde con información de entrada directa para el soporte a este proceso, sino que suponen información útil para su rediseño, se ha marcado con una flecha de color rojo.

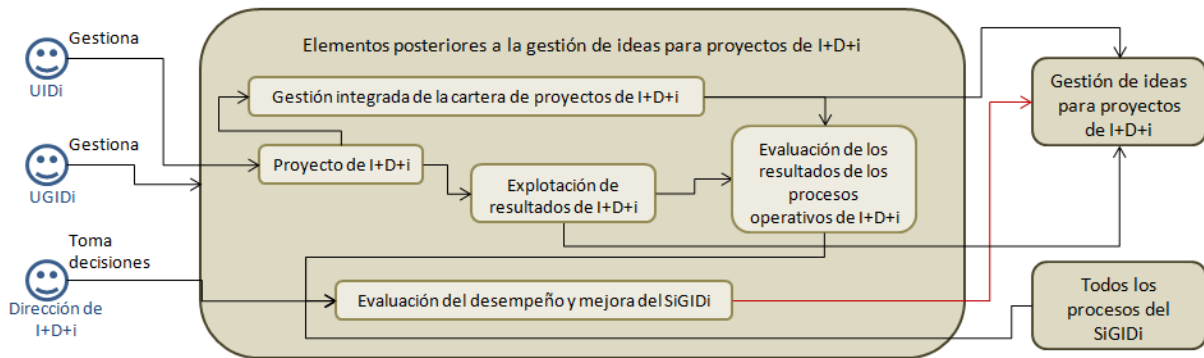


Figura 27. Representación del modelo propuesto para los procesos posteriores a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i

2.6 Conclusiones

En el presente capítulo se ha explicado pormenorizadamente el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i. En dicho modelo solventan las incoherencias, solapamientos, ambigüedades y falta de completitud identificados en la normativa analizada, y se establece un orden alternativo al propuesto en la misma, para facilitar la comprensión y seguimiento de dicho modelo. Aparte de establecer un modelo completo y concreto de cada uno de los procesos, se identifican de forma explícita las múltiples relaciones existentes entre los mismos.

Sin embargo el modelo propuesto fija los flujos de información entre los distintos procesos y los elementos que los componen, pero no impone un modo cerrado para la obtención de esa información, ni para la ejecución de esos procesos, suponiendo un modelo flexible y acomodado a las características concretas de cada organización. Además se trata de un modelo que habilita tanto la innovación individual como la colaborativa, y que es de carácter cíclico en lugar de lineal, ya que el flujo de información entre los distintos procesos permite su enriquecimiento de manera continuada. Por otra parte se ha prestado especial interés en la ilustración del modelo con figuras y ejemplos, de cara a proporcionar la máxima comprensión del mismo. En conclusión se trata de un modelo completo, concreto, útil, flexible y aplicable que, además, preserva la compatibilidad con las normativas nacionales e internacionales, sirviendo como base y soporte a la certificación de los sistemas que lo apliquen.

El modelo propuesto abarca todos los procesos del SiGIDi, pero hace especial hincapié en la gestión de ideas para proyectos de I+D+i como proceso central, para el cual se pretende proporcionar soporte automatizado e inteligente a través de la aplicación de tecnologías de la Web Semántica. De esta forma el modelo expuesto facilita la consecución de los objetivos perseguidos en términos de optimización de los procesos de gestión de la I+D+i y reuso del conocimiento en los mismos, de forma que si se implanta de forma adecuada, permitirá, a su vez, prestar soporte automatizado a las actividades de I+D+i, proporcionando de forma proactiva el conocimiento necesario para su óptima gestión y consecución de resultados que proporcionen ventajas competitivas a la organización.

Capítulo 3. Aplicación de tecnologías semánticas al sistema de gestión de I+D+i

3.1 Introducción

En el presente capítulo se describe en primer lugar, desde el punto de vista funcional, la plataforma de gestión de ideas para proyectos de I+D+i (apartado 3.2), la cual forma parte del SiGIDi, siguiendo el modelo descrito en el Capítulo 2. A continuación se describen en profundidad las tecnologías de la Web Semántica desarrolladas para proporcionar el soporte inteligente a la gestión de ideas en dicha plataforma.

Como base para el desarrollo del soporte semántico para la gestión de ideas de I+D+i se ha diseñado una ontología para modelar el dominio de la gestión de la I+D+i (apartado 3.3). Esta ontología conceptualiza el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i especificado en el Capítulo 2, el cual cubre la necesidad identificada de contar con un modelo completo, concreto y flexible, sirviendo como base para el desarrollo de tecnologías habilitadoras para prestar soporte inteligente a dicho proceso. Dicho modelo abarca todos los procesos de la gestión de la I+D+i, pero hace especial hincapié en la gestión de ideas para proyectos de I+D+i como proceso central de la misma.

Posteriormente se describe la plataforma semántica desarrollada (apartado 3.4). Esta plataforma cuenta en primer lugar con un sistema de extracción semántica estructurada (apartado 3.5), el cual es el encargado de generar el modelo semántico asociado al sistema de gestión de ideas para proyectos de I+D+i. Todas las ontologías utilizadas e instancias generadas por el módulo de extracción semántica estructurada son almacenadas en un repositorio semántico (apartado 3.6) desarrollado a tal efecto. Por último, esta información sirve como base para que el sistema semántico (apartado 3.7) desarrollado proporcione la “inteligencia” a la hora de prestar soporte a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i.

3.2 Plataforma de gestión de ideas para proyectos de I+D+i

El objetivo de esta plataforma es servir de interfaz e implementar el ciclo de gestión de las ideas para proyectos de I+D+i, incluyendo elementos inteligentes provistos por el módulo semántico para facilitar la gestión y evaluación de dichas ideas.

Como se ha explicado en el Capítulo 2, de acuerdo con el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i, el proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i parte generalmente de ideas informales previamente compartidas en los procesos de creatividad o de colaboración. A partir de estas ideas se elabora una idea para un proyecto de I+D+i con los siguientes campos: descripción, objetivos, resultados esperados, tecnologías más significativas, innovaciones tecnológicas y funcionales, potenciales organizaciones colaboradoras, presupuesto estimado, plan de negocio, explotación prevista, y mercados objetivo. Posteriormente, estas ideas son evaluadas en base a los siguientes criterios: alineamiento con los objetivos de I+D+i, nivel de novedad, viabilidad técnica y viabilidad económica.

Como también se explicó en el Capítulo 2, los campos “presupuesto estimado”, “plan de negocio” y “explotación prevista”, de la descripción de una idea no son relevantes de cara a proporcionar soporte inteligente a la generación y evaluación de ideas para proyectos de I+D+i. Dicho soporte en ambos casos es equivalente, proporcionando similitud con entidades

del SiGIDi que puedan ayudar, tanto en el momento de la generación, como de la evaluación, a discernir el grado de cumplimiento de los distintos criterios de evaluación.

La plataforma de gestión de ideas para proyectos de I+D+i forma parte de una plataforma para la gestión de la I+D+i, en la que se implementan todos los procesos del modelo propuesto para la gestión de la I+D+i explicados en el Capítulo 2. La Figura 28 muestra la pantalla principal de la plataforma para la gestión de la I+D+i desarrollada.

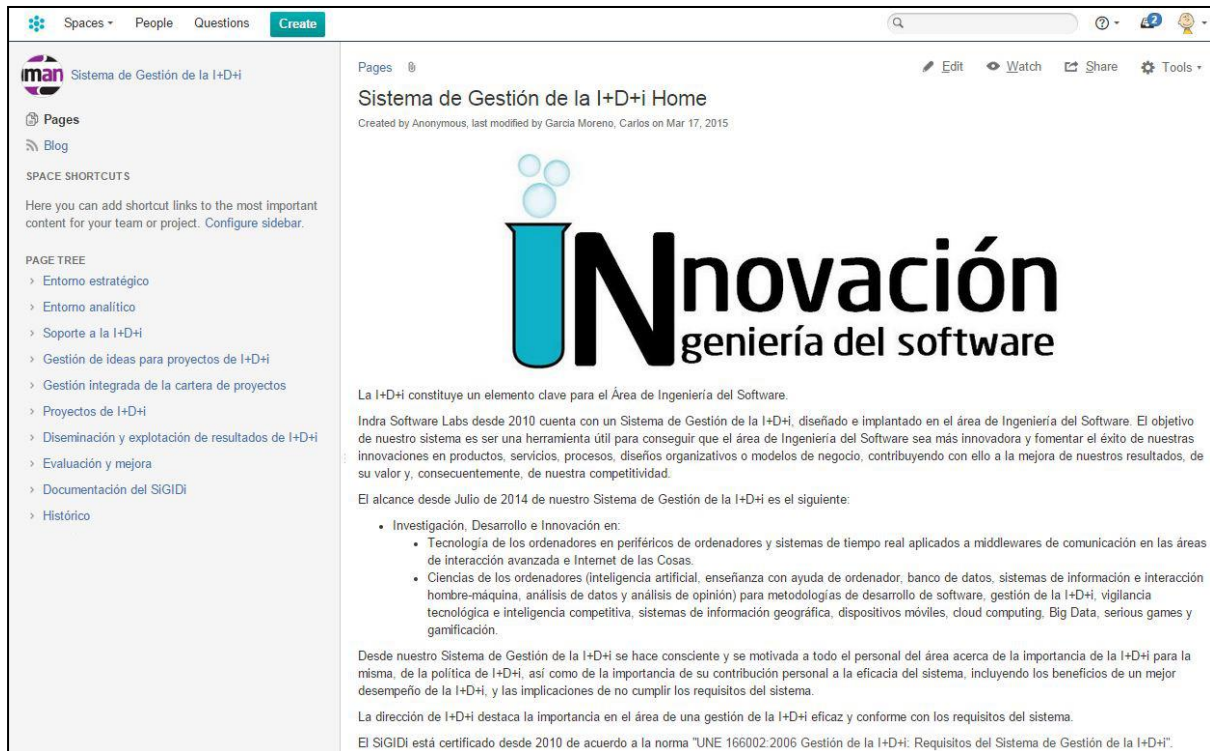


Figura 28. Pantalla principal del Sistema de gestión de la I+D+i

Este sistema ha sido desarrollado en base a la plataforma de trabajo en equipo Confluence⁸⁰, la cual dispone de un potente editor, así como múltiples macros y plantillas para crear todo tipo de contenidos, haciendo innecesario el desarrollo de una aplicación desde cero y facilitando la flexibilidad a la hora de evolucionar el SiGIDi, sin necesidad de emprender nuevos desarrollos.

La generación de ideas, por lo tanto, se realiza en base a una plantilla en la que se incluyen los campos identificados en el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i definido en el Capítulo 2. Todos los contenidos elaborados a partir de las plantillas se almacenan en una BD, lo cual permite acceder a la información necesaria a través de un API REST, para proporcionar el soporte inteligente propuesto en esta tesis doctoral.

La Figura 29 muestra un ejemplo de la plantilla para generación de ideas para proyectos de I+D+i, en la que se muestran únicamente los campos que son relevantes para proporcionar el soporte inteligente al proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i.

⁸⁰ <https://es.atlassian.com/software/confluence>

Descripción
Descripción general de la idea

Objetivos
Descripción de los objetivos generales de la idea

Resultados esperados
Resultados que se espera obtener con la ejecución de la idea

Resultado	Descripción

Tecnologías más significativas
Tecnologías más significativas involucradas en la aplicación de la idea

Innovaciones tecnológicas
Descripción de la innovación tecnológica, avances que presenta respecto al estado del arte actual de las tecnologías

Innovaciones funcionales
Descripción de la innovación funcional, ventajas que presenta la idea respecto a productos y/o servicios existentes

Potenciales organizaciones colaboradoras
Identificación de potenciales organizaciones colaboradoras, tanto empresas como OPIs

Mercados objetivo
Identificación de mercados objetivo para la explotación de la idea

Figura 29. Plantilla para la generación de ideas para proyectos de I+D+i

A continuación se muestran los apartados relevantes para proporcionar soporte inteligente a la gestión de una idea de ejemplo, a partir de la página resultante de la cumplimentación de la plantilla anterior. Este ejemplo es más exhaustivo que el mostrado en el Capítulo 2, ya que en él el objetivo era únicamente facilitar la comprensión del modelo propuesto.

La Figura 30 muestra el contenido del apartado “descripción” de la idea de ejemplo.

Pages / Sistema de Gestión de la I+D+i Home / Tesis-Evaluación de ideas ✎ Edit 👁 Watch ➦ Share ⚙ Tools ▾

Tecnologías para la aplicación de BYOD en Ingeniería del Software

Created and last modified by Garcia Moreno, Carlos on Aug 07, 2015

Descripción

Originalmente BYOD (Bring Your Own Device) se define como una estrategia alternativa que permite a los empleados, socios comerciales y otros usuarios utilizar dispositivos de uso tradicionalmente personal para ejecutar aplicaciones empresariales y de acceso a datos. Típicamente, se estos dispositivos son principalmente teléfonos inteligentes y tabletas, aunque esta estrategia también es válida para PC. Sin embargo, la reciente irrupción de los dispositivos wereables abren un nuevo campo de posibilidades en el ámbito de BYOD. Además, las mejoras en las capacidades de interacción, visualización y sensorización de los distintos dispositivos hacen que BYOD suponga, no solamente una estrategia alternativa, sino que mejore en muchos aspectos las posibilidades que ofrece el acceso tradicional a las aplicaciones. Estas ventajas radican principalmente en características de colaboración y usabilidad.

La idea propone el desarrollo de tecnologías para la aplicación de BYOD en Ingeniería del Software, para lo cual se pretende desarrollar una arquitectura de Internet de las cosas (IoT) para BYOD, la integración de la misma con dispositivos móviles, wearables y herramientas ALM (Application Lifecycle Management), y la aplicación de tecnologías de RA (Realidad Aumentada) y de interacción avanzada, como RV (Realidad Virtual) e interacción gestual.

Figura 30. Apartado “descripción” de la idea para proyecto de I+D+i de ejemplo

Figura 31 muestra el contenido del apartado “objetivos” de la idea de ejemplo.

Objetivos	
<p>El objetivo principal del proyecto es la aplicación de BYOD al campo de la ingeniería del software, permitiendo el uso de las herramientas del ciclo de vida ALM a través de nuevos tipos de dispositivos con los que actualmente es imposible interactuar, proporcionando, a su vez mayor usabilidad y capacidades colaborativas. En concreto, la aplicación de los resultados del proyecto a MInd permitirá:</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Facilitar el desarrollo con nuevas tecnologías. Mejora de productividad y aprendizaje de nuevas tecnologías wearables • Optimizar la gestión de las operaciones mediante la facilitación del desarrollo Agile • Disminuir la curva de aprendizaje de las distintas herramientas de MIND, para mejorar la productividad • Optimización de los cuadros de mando en MIND 	

Figura 31. Apartado “objetivos” de la idea para proyecto de I+D+i de ejemplo

Figura 32 muestra el contenido del apartado “resultados esperados” de la idea de ejemplo.

Resultados esperados	
Resultado	Descripción
Arquitectura IoT para BYOD	<p>Arquitectura que adoptará el paradigma IoT para entornos empresariales, utilizando como fuentes de información los dispositivos personales de los usuarios (móviles y wearables), los sensores del entorno y la información de las aplicaciones.</p> <p>Esta arquitectura analiza la información en su conjunto realizando razonamientos y deducciones, realizando acciones y presentando información de manera proactiva (ej. asignación de tareas de forma automática)</p>
Módulo de utilización de JIRA con dispositivos móviles	Comunicación sencilla y flexible con los datos de los proyectos, por ejemplo búsqueda, consulta, creación y actualización del estado de tareas, etc. a través de la arquitectura IoT y una interfaz flexible automatizada, y la sin la necesidad de acceder a la aplicación original.
Módulo de utilización de JIRA con dispositivos wearables	<p>Comunicación en dispositivos (smartphone, wearables) de tareas cercanas urgentes o cercanas a su conclusión, citas, etc. Generación inteligente de alarmas</p> <p>Limitación de las comunicaciones en base a distintos aspectos: realización de tareas importantes, estado fisiológico, reuniones, etc.</p>
Módulo de RA	Proporcionar información al pasar por una sala, o a través de mecanismos de realidad aumentada, a cerca de la disponibilidad de la misma y el acceso directo a su reserva
Entorno inmersivo a través del dispositivo móvil	Con la capacidad de interactuar de forma gestual en combinación con dispositivos de sensorización. Un ejemplo de uso generalista sería un despacho virtual tridimensional con el acceso a las distintas tareas asignadas y o las aplicaciones de las que se desea consultar información. Un ejemplo específico del entorno de Ingeniería del software (aunque aplicable a otros ámbitos) que se puede considerar de especial interés es la provisión de un espacio para la actualización de tableros scrum de forma virtual, para la gestión ágil de proyectos

Figura 32. Apartado “resultados esperados” de la idea para proyecto de I+D+i de ejemplo

Figura 33 muestra el contenido del apartado “tecnologías más significativas” de la descripción de la idea de ejemplo.

Tecnologías más significativas
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Arquitecturas para Internet de las cosas (IoT) ▪ Web Semántica ▪ Middleware de comunicaciones ▪ Interacción móvil y a través de wearables ▪ Realidad Aumentada (RA) ▪ Realidad Virtual (RV) ▪ Interacción gestual

Figura 33. Apartado “tecnologías más significativas” de la idea para proyecto de I+D+i de ejemplo

Figura 34 muestra el contenido del apartado “innovaciones tecnológicas” de la descripción de la idea de ejemplo.

<p>Innovaciones tecnológicas</p> <ul style="list-style-type: none">• Primera arquitectura IoT semántica para la gestión de la información procedente de los distintos tipos de dispositivos, permitiendo integrar la interacción combinada con varios de ellos• Aplicación de técnicas de Realidad Virtual y Realidad Aumentada a través de dispositivos móviles, para mejorar la interacción en las herramientas de Ingeniería del Software con nuevos tipos de dispositivos• Integración de tecnologías de interacción gestual con técnicas inmersivas, para mejorar la interacción en las herramientas de Ingeniería del Software• Técnicas de visión artificial para mejorar las capacidades de interacción que proporcionan los dispositivos y permitir la interacción combinada.• Técnicas de seguridad de la información en streaming en tiempo real, para garantizar la privacidad de la información personal procedente de dispositivos wereables• Facilitar el desarrollo de aplicaciones para wereables
--

Figura 34. Apartado “innovaciones tecnológicas” de la idea para proyecto de I+D+i de ejemplo

Figura 35 muestra el contenido del apartado “innovaciones funcionales” de la descripción de la idea de ejemplo.

<p>Innovaciones funcionales</p> <ul style="list-style-type: none">• Acceso móvil a las herramientas del ciclo de vida de ingeniería del software• Interacción con las herramientas del ciclo de vida de ingeniería del software a través de wereables• Tableros de Scrum virtuales colaborativos para metodologías ágiles• Actualización de la información de las herramientas del ciclo de vida de ingeniería del software a través del uso de tableros de Scrum físicos para metodologías ágiles• Entornos virtuales de colaborativos para la gestión de proyectos de ingeniería del software• Despacho virtual con acceso optimizado a las funcionalidades de las herramientas para la optimización del desarrollo de tareas• Mecanismos para facilitar que se es consciente de las tareas pendientes a través de los dispositivos personales (móviles y wearables)

Figura 35. Apartado “innovaciones funcionales” de la idea para proyecto de I+D+i de ejemplo

Figura 36 muestra el contenido del apartado “potenciales organizaciones competidoras” de la descripción de la idea de ejemplo.

<p>Potenciales organizaciones colaboradoras</p> <p>Empresas</p> <p>No se han identificado empresas como potenciales colaboradoras</p> <p>OPIs</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Departamento de Informática y Sistemas de la Universidad de Murcia▪ Grupo ALARCOS de la Universidad de Castilla la Mancha▪ Grupo ARCO de la Universidad de Castilla la Mancha
--

Figura 36. Apartado “potenciales organizaciones colaboradoras” de la idea para proyecto de I+D+i de ejemplo

Figura 37” muestra el contenido del apartado “mercados objetivo” de la descripción de la idea de ejemplo.

Mercados objetivo

El principal mercado objetivo es el mercado ALM

El Mercado de BYOD también es un mercado objetivo. Los siguientes datos proporcionados por Gartner demuestran la madurez de BYOD en el mercado.

Gartner pronostica que para el año 2017, la mitad de los empleadores requerirán que los empleados proporcionen su propio dispositivo para aspectos relacionados con el trabajo. El 38 por ciento de las empresas esperan permitir a los trabajadores el uso de dispositivos personales para aspectos relacionados con el trabajo para el año 2016.

BYOD está aplicándose en las empresas y entidades públicas de todos los tamaños, aunque es más prevalente en medianas y grandes organizaciones (de 500 a 5.000 millones de \$ en ingresos, en empresas entre 2.500 y 5.000 empleados). BYOD también permite a las empresas más pequeñas su transición a entornos móviles sin requerir una gran inversión en dispositivos y servicios.

Figura 37. Apartado “mercados objetivo” de la idea para proyecto de I+D+i de ejemplo

No se trata de un ejemplo en un entorno completamente real, como los incluidos al hablar de la validación de la plataforma en el Capítulo 4, sino en un entorno de laboratorio, con los datos introducidos para el desarrollo de la plataforma semántica.

Como se explica con más detalle al tratar el módulo de cálculo de similitud, en el apartado 3.7.3, como parte del soporte inteligente a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i, se calculan las similitudes entre distintos tipos de entidades de cara a facilitar la evaluación (o auto-evaluación, en el caso de la generación de ideas) de las ideas propuestas.

De cara a no mostrar al usuario de la plataforma de gestión de ideas para proyectos de I+D+i detalles innecesarios, se ha obviado el porcentaje de similitud de las distintas entidades que intervienen en cada caso, estableciéndose un rango mínimo de similitud que puede ser elegido por el gestor de la I+D+i de la plataforma. El primer paso a la hora de evaluar una idea es seleccionar una de las existentes en el sistema. La Figura 38 muestra la sección de la página correspondiente (creada a través de la plantilla anterior) a la selección de la idea sobre la que se desea obtener soporte inteligente.

Pages / Sistema de Gestión de la I+D+i Home / Tesis-Evaluación de ideas Edit Watch Share Tools

Soporte inteligente a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i

Created and last modified by Garcia Moreno, Carlos just a moment ago

Seleccionar idea

Figura 38. Selección de idea para proyecto de I+D+i para proporcionar soporte inteligente a su gestión

A continuación, como soporte a la determinación del grado de la alineación de la idea con los objetivos de I+D+i se proporciona una lista de los objetivos de I+D+i actuales que presentan similitudes con el apartado “objetivos” de la idea propuesta. La Figura 39 muestra las similitudes entre la idea propuesta y objetivos de I+D+i.

Alineación con objetivos de I+D+i

La idea propuesta contiene similitudes con los siguientes objetivos de I+D+i:

- Evolucionar la suite ALM para proporcionar mejoras al soporte a metodologías de desarrollo ágil (ágil, DevOps, etc.).
- Evolucionar la suite ALM para proporcionar mejoras de usabilidad, y facilitar su aprendizaje, reduciendo la curva del mismo.
- Evolucionar la suite ALM para adaptarla a su aplicabilidad en aplicaciones y servicios para nuevos tipos de dispositivos.

Figura 39. Similitud entre la idea de ejemplo y objetivos de I+D+i

Para proporcionar soporte a la verificación del nivel de novedad de la idea, en primer lugar se proporciona una lista de ideas almacenadas en el sistema que guardan similitud semántica con la idea propuesta, en orden descendente de similitud. La Figura 40 muestra las

similitudes entre la idea propuesta y otras ideas anteriores. A partir de los enlaces a las ideas con similitudes encontradas, el gestor de la I+D+i puede comprobar el grado de novedad que presenta la idea propuesta respecto a éstas.

Nivel de novedad

Similitud con ideas anteriores

La idea propuesta contiene similitudes con las siguientes ideas:

- [Ingeniería del software innovadora para el desarrollo de servicios innovadores](#)
- [Tecnologías para la personalización y la interacción de contenidos digitales](#)
- [Tecnologías para la automatización de las pruebas en sistemas SMACT](#)
- [Sistema predictivo para ingeniería del software](#)

Figura 40. Similitud entre la idea de ejemplo y otras ideas para proyectos de I+D+i

También se proporciona similitud entre la idea seleccionada y distintos proyectos de I+D+i (internos y externos) y productos existentes. Aparte se proporcionan los enlaces a los productos de VT/IC (en el caso de productos y proyectos externos) donde se puede encontrar más información acerca de ellos, y la información de los propios proyectos (en el caso de proyectos internos). Las Figura 41 y la Figura 42 muestran las similitudes entre la idea propuesta y proyectos de I+D+i internos y externos (principalmente de los programas H2020 y FP7) y productos existentes, respectivamente. Ambas informaciones se obtienen a partir de los productos del proceso de VT/IC (apartado 2.5.2.1).

Similitud con proyectos

La idea propuesta contiene similitudes con los siguientes proyectos internos de I+D+i:

- [Proyecto PISCIS](#)
- [Proyecto ADAPTA](#)

La idea propuesta contiene similitudes con los siguientes proyectos externos de I+D+i:

- [Semantic-Service Provisioning for the Internet of Things using Future Internet Research by Experimentation](#)
- [Software platform for integration of engineering and things](#)
- [Enabling Crowd-sourcing based privacy protection for smartphone applications, websites and Internet of Things deployments](#)
- [Virtualized distributed platforms of smart Objects](#)

Se puede consultar la información relativa a estos proyectos en el apartado "Principales proyectos" del producto de VT/IC "[Informe de estado del arte de ingeniería del software](#)"

- [A collaborative and augmented-enabled ecosystem for increasing SATISfaction and working experience in smart FACTORY environments](#)
- [VR-Suit : MultiModal experiences in a Virtual World](#)
- [Commercialization of Wear3D - Wearable and 3D Display Technology](#)

Se puede consultar la información relativa a estos proyectos en el apartado "Principales proyectos" del producto de VT/IC "[Informe de estado del arte de interacción avanzada](#)"

Figura 41. Similitud entre la idea de ejemplo y proyectos de I+D+i

Los proyectos internos identificados como similares a la idea propuesta se corresponden con las dos primeras ideas para las que la plataforma encontró similitudes, ya que las otras dos ideas no se convirtieron finalmente en proyectos de I+D+i. Aparte de para evaluar el nivel de novedad, esta información es útil al proponente o al gestor de la I+D+i para identificar posibles sinergias que no se hayan tenido en cuenta a la hora de proponer la idea, y evaluar la viabilidad técnica y económica de la misma al poder acceder a la información de los proyectos y de sus resultados.

Similitud con productos

- Project Brillo
- Eclipse IoT
- Workspace Portal
- Bring Your Own Device

Se puede consultar la información relativa a estos productos en el apartado "Principales desarrollos científico-tecnológicos" del producto de VT/IC "Informe de estado del arte de ingeniería del software"

- Vive
- Cardbox
- HoloLens
- Tango
- Unity
- Unreal
- FeelReal
- Kinect

Se puede consultar la información relativa a estos productos en el apartado "Principales desarrollos científico-tecnológicos" del producto de VT/IC "Informe de estado del arte de interacción avanzada"

Figura 42. Similitud entre la idea de ejemplo y productos existentes

Para proporcionar las similitudes con las distintas entidades del SiGIDi en cada caso, los desarrollos realizados acceden al contenido de la idea y de las entidades correspondientes, almacenadas en la plataforma semántica que proporciona el soporte inteligente a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i. Previamente, al introducir los distintos contenidos en la plataforma para la gestión de la I+D+i, se introducen las entidades correspondientes en la plataforma semántica (apartados 3.4, 3.5, 3.6 y 3.7).

Para el cálculo de la viabilidad técnica de la idea, en primer lugar se proporciona información relativa a similitud entre las tecnologías específicas de la idea propuesta con las tecnologías propias de la organización y de las entidades identificadas como potenciales colaboradoras, identificando a su vez, qué tecnologías pueden no quedar cubiertas por el consorcio potencial. La información de las tecnologías propias de la organización se obtiene de la información correspondiente a los procesos de “recursos de I+D+i” (apartado 2.5.3.2) y de “gestión integrada de la cartera de proyectos de I+D+i” (apartado 2.5.5.1).

La Figura 43 muestra las similitudes encontradas entre las tecnologías propias de la organización y las tecnologías más significativas de la idea propuesta.

Viabilidad técnica

Similitud con tecnologías propias de la organización

Se han encontrado las siguientes tecnologías de la idea propuesta dentro de las tecnologías propias de la organización:

- Web Semántica
- Middleware de comunicaciones
- Interacción móvil
- Realidad Aumentada (RA)
- Realidad Virtual
- Interacción gestual

Figura 43. Similitud entre las tecnologías de la idea de ejemplo y las tecnologías propias de la organización

Por otra parte, las tecnologías de los potenciales colaboradores se obtienen de la información correspondiente a los procesos de VT/IC y de “colaboración” (apartados 2.5.2.1 y 2.5.3.3). La Figura 44 muestra las similitudes encontradas entre las tecnologías asociadas a las

organizaciones identificadas como potenciales colaboradoras y las tecnologías más significativas de la idea propuesta.

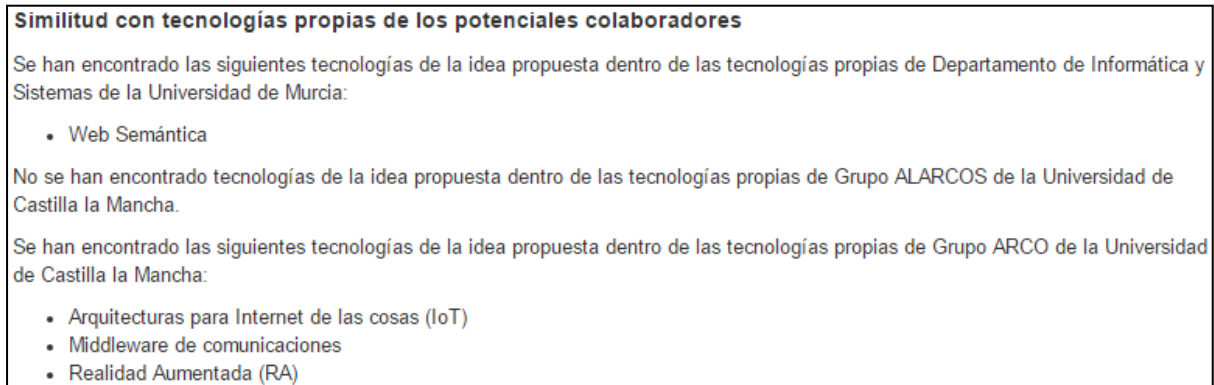


Figura 44. Similitud entre las tecnologías de la idea de ejemplo y las tecnologías propias de los potenciales colaboradores

La Figura 45, además, muestra las tecnologías más significativas de la idea propuesta para las que no se han encontrado similitudes tanto en la propia organización como en los potenciales colaboradores.

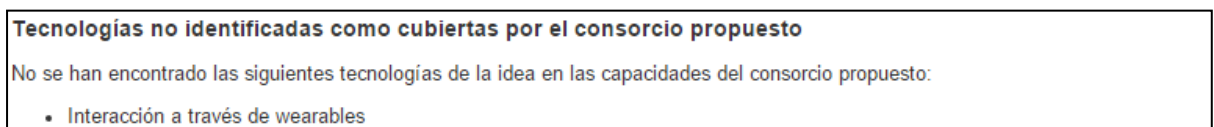


Figura 45. Tecnologías de la idea de ejemplo no identificadas como cubiertas por el consorcio propuesto

También se proporcionan los enlaces a los proyectos internos identificados anteriormente como similares (Figura 41) para que el gestor de la I+D+i pueda verificar el éxito a nivel técnico de los mismos y lo pueda tomar como referencia a la hora de evaluar la viabilidad técnica de la idea propuesta. Por último se proporciona información relativa a la similitud entre la idea propuesta y las “opciones tecnológicas” y “evolución de tecnologías” de los productos de VT/IC de nivel profundo de análisis, dando una idea de la alineación de la idea con las tendencias tecnológicas. La Figura 46 muestra dichas similitudes.

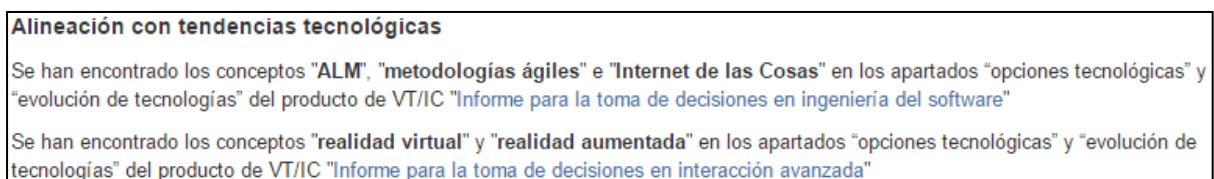


Figura 46. Similitud entre la idea de ejemplo y las tecnologías propias de la organización

Como puede verse, en todos estos casos se proporcionan las coincidencias concretas encontradas, para que el gestor de la I+D+i tenga un conocimiento previo al análisis, tanto de las entidades identificadas, como de los apartados de los productos de VT/IC, proporcionando los enlaces para un análisis más profundo por parte del gestor de la I+D+i.

Como soporte a la verificación de la viabilidad económica de la idea, en primer lugar se proporcionan las empresas potencialmente competidoras en base a los productos identificados anteriormente, tal y como muestra la Figura 47. Si alguna de estas organizaciones es un competidor directo en el mercado de la organización también se identificará, tomando esa

información de los productos de VT/IC, donde se incluye un apartado con dichos competidores directos.

Viabilidad económica

Potenciales competidores

Se han identificado los siguientes potenciales competidores, en base a los productos existentes relacionados con la idea propuesta:

- Google
- VMware Workspace Portal
- Fujitsu (competidor en los mercados propios de la organización)

Se puede consultar la información relativa a estos productos en el apartado "Principales productos" del producto de VT/IC "[Informe de estado del arte de ingeniería del software](#)"

- HTC
- Google
- Microsoft
- Unity Technologies
- Epic
- FeelReal

Se puede consultar la información relativa a estos productos en el apartado "Principales productos" del producto de VT/IC "[Informe de estado del arte de interacción avanzada](#)"

Figura 47. Principales competidores identificados para la explotación de la idea de ejemplo

También se proporcionan los enlaces a la información de la explotación de los proyectos internos identificados anteriormente como similares (Figura 41) para que el gestor de la I+D+i pueda verificar el éxito a nivel de explotación de los mismos y lo pueda tomar como referencia a la hora de evaluar la viabilidad económica de la idea propuesta. Además se proporcionan los conceptos identificados en los apartados de mercado de los productos de VT/IC, de forma que el gestor de la I+D+i puede verificar la alineación de la idea con las tendencias del mercado y las necesidades del mismo y de los clientes potenciales. La Figura 48 muestra las similitudes encontradas en relación con las tendencias y necesidades del mercado.

Alineación con tendencias y necesidades del mercado

Se han encontrado los conceptos "ALM" "metodologías ágiles", "gestión de proyectos" y "desarrollo colaborativo" del mercado de la idea propuesta en las tendencias y necesidades del mercado de ingeniería del software. Se puede consultar la información relativa a estas tendencias en el apartado "aspectos de mercado" del producto de VT/IC "[Informe de estado del arte de ingeniería del software](#)"

Se han encontrado los conceptos "dispositivos móviles", "dispositivos wearables", "entorno virtual" y "entorno colaborativo" del mercado de la idea propuesta en las tendencias del mercado de interacción avanzada. Se puede consultar la información relativa a estas tendencias en el apartado "aspectos de mercado" del producto de VT/IC "[Informe de estado del arte de interacción avanzada](#)"

Figura 48. Similitud entre la idea de ejemplo y tendencias y necesidades del mercado

Una vez proporcionadas las similitudes y conceptos correspondientes en cada caso, el gestor de la I+D+i puede acceder directamente a los contenidos correspondientes y verificar cada uno de los criterios de valoración de una idea propuesta para un proyecto de I+D+i.

Un aspecto importante a destacar es que el gestor de la I+D+i puede definir el umbral de similitud deseado en cada caso, dependiendo de que prefiera obtener una mayor cantidad de contenidos (incluso hasta un nivel para el que algunos de ellos no sean del todo idóneos) o limitar la aparición de estos (incluso hasta un nivel para el que se pueda obviar algún contenido interesante).

A continuación se describen los desarrollos tecnológicos realizados para la construcción de los sistemas semánticos que dan soporte a la plataforma que se ha descrito en este apartado.

En concreto, en el apartado siguiente se detalla la ontología desarrollada como base de conocimiento a dichos sistemas semánticos. En los apartados posteriores se describen en profundidad, tanto el repositorio semántico construido como base de conocimiento para habilitar el soporte inteligente a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i, como el sistema de extracción semántica y el sistema semántico necesarios para su población a partir de la información almacenada en la BD de la plataforma y la identificación de similitudes necesarias para proporcionar dicho soporte.

3.3 Ontología del dominio de gestión de la I+D+i

En el presente apartado se describe el proceso de construcción de la ontología para la gestión de la I+D+i, elaborada a partir del modelo propuesto en el Capítulo 2, y que constituye el repositorio de conocimiento base para proporcionar el soporte a través de tecnologías de la Web Semántica para la gestión de la I+D+i. La construcción de la ontología se ha llevado a cabo siguiendo tres fases diferenciadas: especificación de requisitos, conceptualización o construcción de la taxonomía de conceptos, y definición de restricciones y axiomas. A continuación se explican brevemente los aspectos destacados en la construcción de dicha ontología, haciendo especial hincapié en el proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i. La ontología se ha implementado en el lenguaje OWL DL, explicado en el apartado 1.3.1.1, utilizando la herramienta Protégé.

3.3.1 Especificación

Previamente a su construcción se establecieron una serie de condicionantes que debía cumplir la ontología para ser útil a los objetivos explicados en la introducción a este capítulo. En primer lugar la ontología debe diseñarse de cara a que sea útil a la gestión de la I+D+i organizacional, contemplando principalmente su uso en el ámbito empresarial, pero también pudiendo ser útil a otros tipos de entidades, como los centros de investigación.

Además la ontología del sistema debe ser compatible con otros sistemas de gestión que puedan estar implantados en la organización, por ejemplo con el SGC, como se explicó en el apartado 1.2.1.3. Para garantizar esta compatibilidad, y para permitir la reusabilidad, la ontología se diseñó para que fuera lo suficientemente general, pero que a la vez incluyera todos los aspectos específicos del dominio de la gestión de la I+D+i, garantizando así que se puedan alcanzar los objetivos establecidos.

Por último se consideró especialmente interesante preservar la posibilidad de crecimiento de la ontología, de forma que se pudiera reflejar todo el conocimiento y características específicas de una organización. Como se ha visto en el Capítulo 2, el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i en esta tesis doctoral es un modelo flexible, el cual, a partir de unos elementos por defecto es fácilmente adaptable a las necesidades y realidad de cualquier organización. Por ello, a la hora de desarrollar la ontología para la gestión de la I+D+i se tuvo en cuenta que ésta pudiera ser fácilmente ampliable, siendo útil a cualquier organización, de cualquier ámbito de actuación.

3.3.2 Conceptualización

La fase de conceptualización de la ontología se abordó de forma incremental y evolutiva, por lo que el resultado final constituye el fruto de una serie de iteraciones. En la primera de estas interacciones se construyó un glosario con los términos generales del modelo para la gestión de la I+D+i especificado en el Capítulo 2. Este glosario se componía de 113 términos. A continuación se construyó la taxonomía de conceptos, para lo cual se añadieron conceptos

adicionales necesarios para obtener la generalidad necesaria explicada en el apartado anterior. Por ejemplo, se incluyó el concepto “Idea” para dar cabida a “IdeaIDi”, el cual recoge a su vez los distintos tipos de ideas identificadas en el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i. El primer nivel de la ontología construida consta de 36 conceptos principales, los cuales quedan reflejados en la Figura 49.

- | | | | |
|--------------------|--------------------------|-------------------|----------------------------------|
| ● Accion | ● Colaborador | ● Idea | ● Proceso |
| ● Activo | ● Contenido | ● Indicador | ● Producto |
| ● Acuerdo | ● Criterio | ● Mision | ● ProteccionIntelecualIndustrial |
| ● Analisis | ● ElementoCreatividad | ● Objetivo | ● Proyecto |
| ● Area | ● Estrategia | ● Organizacion | ● Recurso |
| ● Aspecto | ● EstructuraOrganizativa | ● ParteInteresada | ● Resultado |
| ● Busqueda | ● Evaluacion | ● Personal | ● Unidad |
| ● CarteraProyectos | ● Explotacion | ● Planificacion | ● Validacion |
| ● Colaboracion | ● FuenteInformacion | ● Politica | ● Vision |

Figura 49. Conceptos principales de la ontología

En otros casos se vio necesario incluir también más de un nivel de generalidad. Por ejemplo, el concepto *Criterio*, y sus especializaciones *CriterioEvaluacion* y *CriterioValidacion*, a partir de los cuales se modelan los conceptos específicos del dominio, correspondientes a criterios de evaluación de los distintos tipos de ideas de I+D+i, y de validación de fuentes de información y contenidos de VT/IC. Entre conceptos generales y conceptos específicos del dominio de gestión de la I+D+i este segundo nivel la ontología cuenta con 57 conceptos. Además, la ontología cuenta con 40 conceptos de tercer nivel, 35 de cuarto nivel, 20 de quinto nivel, y 6 de sexto nivel, teniendo un total de 194 conceptos diferentes.

La Figura 50 representa parte la estructuración en niveles de los conceptos correspondientes a la taxonomía del concepto “Proceso”, en el que se refleja la jerarquía de procesos explicada en el Capítulo 2.

Los procesos del SiGIDi se incluyen en el concepto *SiGIDi*, que es un proceso en sí mismo. Todos ellos tienen el prefijo *SiGIDi*, ya que procesos de otros sistemas pueden llamarse de la misma forma (ej. partes interesadas, análisis interno y externo, los de evaluación y mejora, etc.).

El proceso *EntornoEstrategicoOrganizacion*, se ha definido fuera de SiGIDi, pues su gestión no corresponde al mismo, aunque sus elementos se utilizan en él. En el caso de la VT/IC se han distinguido dos procesos dentro de *SiGIDiVTIC*, no explicitados previamente en el modelo propuesto, pero que son necesarios para modelar el mismo. Estos conceptos son *SiGIDiVTICGestion*, *SiGIDiVTICEjecucion*, los cuales tienen distintos responsables y gestionan distintas partes del proceso.

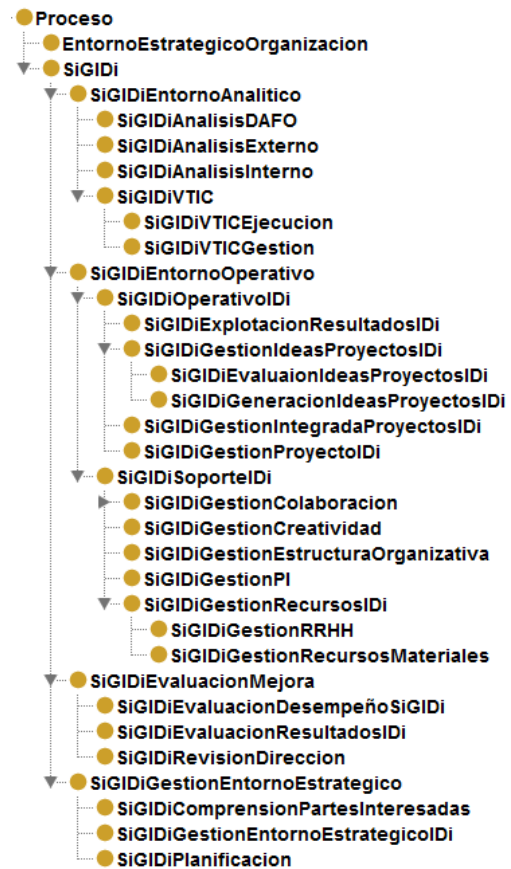


Figura 50. Taxonomía del concepto “Proceso”

También existen elementos cuyo nombre es igual en otros sistemas, y se especializan en el ámbito del SiGIDi. Para nombrar a estos elementos se ha incluido el sufijo “IDi”. Por ejemplo, *ParteInteresadaIDi*, que es una especialización de *ParteInteresada*, ya que todas las partes interesadas de la organización no tienen por qué ser partes interesadas del SiGIDi. Del mismo modo ocurre con *EstrategiaIDi*, *PoliticaIDi*, *PoliticaVTIC*, *PoliticaColaboracionIDi*, o *PoliticaRRHHIDi*, ya que pueden existir estrategias y políticas de otros tipos, además de políticas específicas en otros sistemas de gestión. Lo mismo ocurre en otros casos, como por ejemplo en *ColaboracionIDi* o *ColaboradorIDi*. Además, todos los procesos (a nivel del SiGIDi), incluido el de gestión de ideas para proyectos de I+D+i tienen asociadas *accionIDi*, que pueden suponer su rediseño, tras realizarse la evaluación de los resultados de I+D+i y del desempeño del SiGIDi, y la correspondiente revisión por la dirección.

En relación a estos casos, además, hay que tener en cuenta que existen conceptos que pertenecen a varias categorías, por ejemplo, un *ColaboradorInterno* puede ser una *Unidad* de la organización, o *Personal* concreto de la organización. Un *ColaboradorExterno* puede ser una *Organizacion*, o una *Unidad* o *Personal* de otra organización. Un *ColaboradorInternoIDi* es un *ColaboradorInterno*, y un *ColaboradorExternoIDi* es un *ColaboradorExterno*. Además un *ColaboradorPotencialIDi* es una especialización de *ColaboradorIDi*. Del mismo modo ocurriría con el concepto *ParteInteresada*. Teniendo en cuenta todo lo anterior, la ontología cuenta con 208 axiomas de subclase. La Figura 51 ilustra este el ejemplo explicado, para el caso del concepto *Colaborador*.

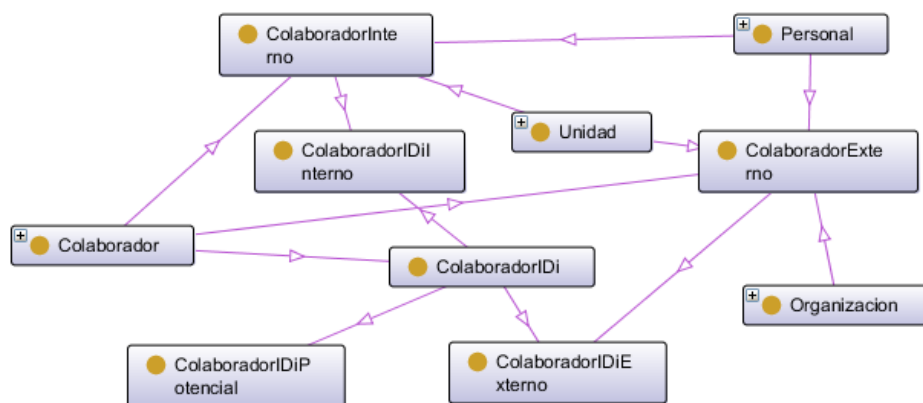


Figura 51. Taxonomía del concepto “Colaborador”

También en relación a estos casos es interesante resaltar que, para preservar la flexibilidad, entre otras decisiones tomadas, no se han modelado todas las partes interesadas, incluyendo las que la norma especifica claramente, y que todas las organizaciones han de tener, las cuales son *ParteInteresadaEmpleadosIDi* y *ParteInteresadaDirectivosIDi*, como partes interesadas internas, y *ParteInteresadaClientesIDi* y *ParteInteresadaUsuariosIDi*, entre las externas. Estas últimas están relacionadas con *ClienteIDi* y *UsuarioIDi*, que son respectivamente *Cliente* y *Usuario* específicos relevantes para el SiGIDi.

3.3.3 Axiomas

Una ontología en OWL se compone de una colección de axiomas del dominio que se deben satisfacer, y deben ser correctos lógicamente para todos los tipos de parámetros del dominio. Además de las propiedades de las clases y de las relaciones entre distintas clases, los axiomas incluyen restricciones en dichas relaciones. Por otro lado, las clases de una ontología pueden contener un conjunto de instancias.

A continuación se describen los aspectos más relevantes en relación a los axiomas creados para la ontología del dominio de la gestión de la I+D+i. Merece la pena destacar que se han establecido axiomas de reflexividad, simetría o transitividad, además de axiomas de tipo funcional e inverso.

En primer lugar se establecieron los axiomas referentes a clases disjuntas, es decir, que un objeto o individuo no puede ser instancia de más de una de estas clases que se establecieron como disjuntas. En la mayoría de los casos clases del mismo nivel se han establecido como disjuntas, sin embargo se han encontrado casos concretos en que no debía ser así. Por ejemplo, *ResponsableAreaVTIC* es una especialización de *PersonalIDi*, y a su mismo nivel se encuentran *DirectivoIDi* y *EmpleadoIDi*. Estas dos clases son disjuntas, ya que un empleado no puede ser a la vez directivo, siendo distintos tipos de personal, pero un responsable de área de VT/IC podría ser empleado o directivo indistintamente. En total se establecieron 32 axiomas de clases disjuntas.

A continuación se establecieron las relaciones entre conceptos de la taxonomía creada. En primer lugar se establecieron las relaciones en cada proceso. Para cada uno se definió quien es su responsable (unidad o personal), con relaciones del tipo *esResponsabilidadDe*, y sus inversas *esResponsable*. En total se establecieron 24 relaciones de estos tipos, ya que se establecieron al nivel más alto posible, por ejemplo se estableció que *UGIDI* es responsable de *SiGIDiSoporteIDi*, lo cual incluye todos los procesos de este tipo. Además se estableció qué elementos se gestionan en cada proceso, con relaciones del tipo *gestiona* y *esGestionadoEn*, incluyéndose en total 68 relaciones de estos tipos. Por último, para cada proceso se establecieron las entradas procedentes de otros, tal y como se especifica en el modelo propuesto en el Capítulo 2, con relaciones del tipo *esEntradaA* y *tieneComoEntrada*, incluyéndose también en total 68 relaciones de estos tipos. Merece la pena resaltar que estos tipos de relaciones se han establecido también para los casos en los que el modelo propuesto especifica que se requiere la supervisión de la gestión de un proceso (por ejemplo, definición de sus elementos) por la dirección, estableciéndose como entrada el proceso *SiGIDiRevisionDireccion*, ya que en el modelo se estipuló que esta supervisión se realizaba en la revisión por la dirección.

Por otro lado se han establecido relaciones de composición, reflejando qué conceptos del dominio de la gestión de la I+D+i forman parte de otros, a través de relaciones de los tipos *tiene* y *formaParteDe*, estableciéndose un total de 92 relaciones de estos tipos. Además se han establecido otros tipos de relaciones, como las que indican quién puede ser el autor de una *IdeaIDiProyecto* (o contribuir a ella), qué genera o usa un determinado elemento (por ejemplo, en *RetoCreatividad* se generan *IdeaIDiCreatividad*), o con qué elemento debe ser acorde otro dado (por ejemplo, *EstrategiaIDi* es acorde con *VisionIDi*). En total se establecieron 28 relaciones de estos tipos (contando las inversas). La Figura 52 muestra un ejemplo de relaciones del tipo *esAcordeCon*.

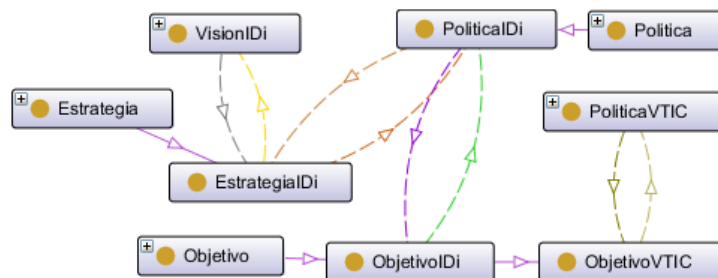


Figura 52. Ejemplo de relaciones del tipo "esAcordeCon"

Algunas de las relaciones se han establecido de tipo funcional, es decir, que puede estar a lo sumo un objeto relacionado con otro mediante la propiedad correspondiente. Por ejemplo, sólo puede haber una *VisionIDI*, *EstrategiaIDI*, o *PoliticaIDI* en una organización. Otro ejemplo es que en *EstructuraOrganizativaIDI* tiene que haber una *DireccionIDI*, y una *UGIDI* obligatoriamente, no sucediendo así con la *UIDi*. En total se establecieron 28 relaciones de este tipo (contando las inversas), únicamente en los casos imprescindibles.

Así mismo se han establecido propiedades de datos, que reflejan los atributos de los distintos conceptos. En total se establecieron 48 propiedades de datos. Este número tan bajo de propiedades responde a que se ha respetado el objetivo de generalidad, estableciendo únicamente las propiedades intrínsecas de los conceptos que están claramente determinadas en la normativa y, por consiguiente, en el modelo propuesto. Por ejemplo, en distintas organizaciones se pueden describir de distintas formas los atributos del personal de la misma, de un colaborador, etc. Sí se definieron este tipo de relaciones en los contados casos en los que el modelo propuesto establece la obligatoriedad de tener en cuenta cierta información, como por ejemplo los criterios para la evaluación de una idea. En ese caso *CriterioEvaluacionIdeaIDIProyecto* tiene las propiedades *puntuacion* y *puntuacionMinima*, de tipo “Integer” con un rango de 0 a 10, y *justificacionPuntuacion* de tipo “String”. El concepto *EvaluacionIdeaIDI* tiene una propiedad *estado* de tipo “String”, que puede tener los valores *noEvaluada*, *aprobada* o *rechazada*. Además este tipo de propiedades se establecieron en el nivel más alto posible, evitando duplicar su existencia. Otro ejemplo de este tipo de propiedades son las establecidas en *EstrategiaIDI: CriterioDistintivoIDI*, *ClasesIDI*, *NivelNovedad*, *LineaEstrategicaIDI*. Todos ellos son de tipo “String”, pero en el caso de *ClasesIDI* y *NivelNovedad* se han incluido los valores por defecto identificados en el modelo propuesto (“de producto”, “de modelo de negocio”, “incremental”, “disruptiva”, etc.). Además todas ellas pueden tener valores múltiples, ya que, por ejemplo, pueden existir distintas líneas estratégicas de I+D+i, o una organización puede hacer I+D+i de producto y de proceso.

Además se añadieron a la ontología un total de 76 instancias. Dichas instancias corresponden principalmente a los distintos aspectos de la descripción de una idea para proyecto de I+D+i, o criterios de evaluación (de ideas creativas y de proyectos de I+D+i) y validación (de fuentes y contenidos de VT/IC), además de a los distintos aspectos a incluir en productos de VT/IC y en los distintos tipos de análisis establecidos como obligatorios en el modelo propuesto en el Capítulo 2. Cuando el modelo se implante en una organización, la ontología puede ampliarse incluyendo nuevas instancias de estos conceptos, en los casos en los que la organización quiera contemplar criterios o aspectos adicionales a los establecidos como obligatorios.

Por último se establecieron una serie de restricciones en la ontología. Las restricciones de tipo se establecieron en los casos en los que, con el objetivo de salvaguardar la generalidad necesaria para la compatibilidad con otros sistemas de gestión, se establecieron clases que generalizaban los conceptos del modelo de la gestión de la I+D+i. Por ejemplo, todos los procesos están relacionados con *PlanificacionProceso*, pero los procesos del SiGIDI están relacionados sólo con *PlanificacionProcesoIDI*, por lo que se incluye una restricción de tipo. Del mismo modo sucede con la relación entre *ObjetivoIDI* y *AccionIDI*, ya que *Objetivo* está a su vez relacionado con *Accion*, o con los ejemplos anteriormente explicados de *ColaboradorIDI* y *ParteInteresadaIDI*. Otro ejemplo distinto de restricciones de tipo es el que se da en la estructura organizativa, donde, además, se ha definido que *DireccionIDI* está relacionada con *Personal* del tipo *DirectivoIDI*, y *UIDi* con *Personal* del tipo *EmpeladoIDI*, ambas especializaciones de *PersonalIDI*. Sin embargo, para *UGIDI* no es preciso establecer

una restricción más específica en su relación con *PersonalIDI*, ya que puede ser de cualquier tipo (empleado o directivo). Se han establecido 18 restricciones de este tipo, pero se prevé que si la ontología se implanta en una organización en la que existan otros sistemas de gestión, incluyéndose los conceptos correspondientes, se deberá revisar este aspecto, pudiendo incrementarse el número de restricciones.

En la ontología diseñada no se han establecido restricciones de cardinalidad, ya que no se encuentran casos en los que una instancia de una clase deba tener relación, por ejemplo, con un número mínimo o máximo de instancias de otra clase. Es más, se han encontrado muchos casos en los que una relación no tiene por qué estar implementada con las instancias de las clases correspondientes en todo momento. Por ejemplo, una *VTICFuenteInformacion* tiene asociadas *VTICBusquedaInformacion*, pero puede que no se realice ninguna búsqueda en una determinada fuente de información de VT/IC.

A modo de resumen la Tabla 12, muestra un extracto numérico de los distintos aspectos explicados en relación a la ontología diseñada para el dominio de la gestión de la I+D+i en base al modelo propuesto en el Capítulo 2.

Clases	194
Instancias	76
Propiedades de datos	48
Propiedades de objeto	140
Axiomas de clase	258
Axiomas de propiedades de datos	378
Axiomas de instancia	76

Tabla 12. Métricas de la ontología

Como se ha explicado en la introducción al presente apartado, la ontología se ha diseñado e implementado usando OWL 2, y más concretamente, OWL 2-DL (basado en lógica descriptiva). Este modelo formal cuenta con un conjunto de servicios de soporte a la inferencia, utilizándose en este caso el razonador Hermit⁸¹ para chequear la consistencia de la ontología construida, comprobándose de esta forma que no contiene hechos contradictorios y que todos sus conceptos son satisfactibles, es decir, que la definición de una instancia de una clase no puede causar que la ontología sea inconsistente.

3.3.4 Taxonomía del proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i

En este punto se proporciona una explicación más detallada del modelo del proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i dentro de la ontología desarrollada.

Tal y como se especifica en el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i expuesto en el Capítulo 2, la gestión de ideas para proyectos de I+D+i es un proceso operativo de I+D+i y, a su vez, generación y evaluación de ideas son procesos de gestión de ideas para proyectos de I+D+i. Así mismo este proceso tiene como entradas los procesos de gestión de recursos de I+D+i y de gestión integrada de la cartera de proyectos, además de objetivos de I+D+i y productos de VT/IC. Además este proceso es responsabilidad de la UGIDi.

⁸¹ <http://hermit-reasoner.com/>

El proceso de generación de ideas para proyectos de I+D+i hace uso de los procesos de creatividad y colaboración, y gestiona ideas para proyectos de I+D+i. Por último el proceso de evaluación de ideas para proyectos de I+D+i gestiona la evaluación de este tipo de ideas.

En relación a estas consideraciones, la Figura 53 presenta la estructura de procesos y las relaciones de distintos tipos del proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i con otros procesos y elementos de la ontología.

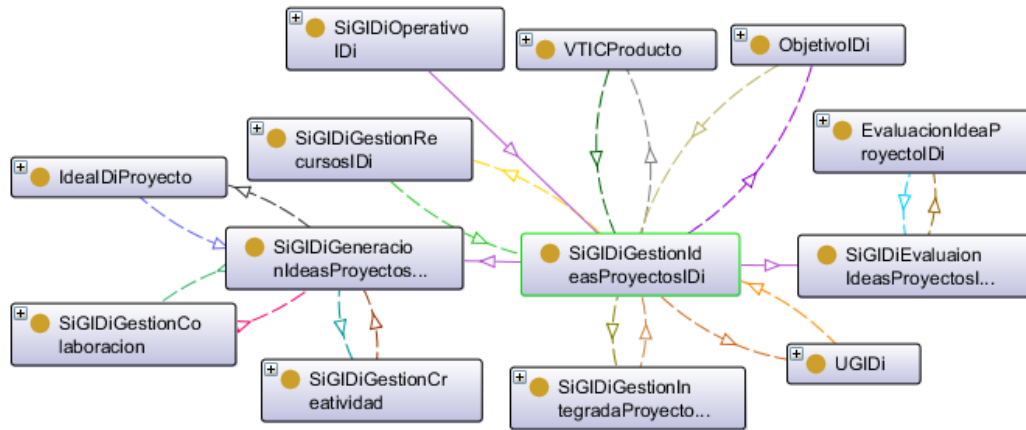


Figura 53. Jerarquía y relaciones del proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i

A continuación se profundiza en los elementos que componen los procesos anteriores. La Figura 54 presenta la estructura jerárquica del concepto *IdeaIDiProyecto* y las relaciones con otros elementos y procesos la ontología. En este caso, para facilitar la legibilidad, se ha simplificado la figura, no mostrando las relaciones reflexivas.

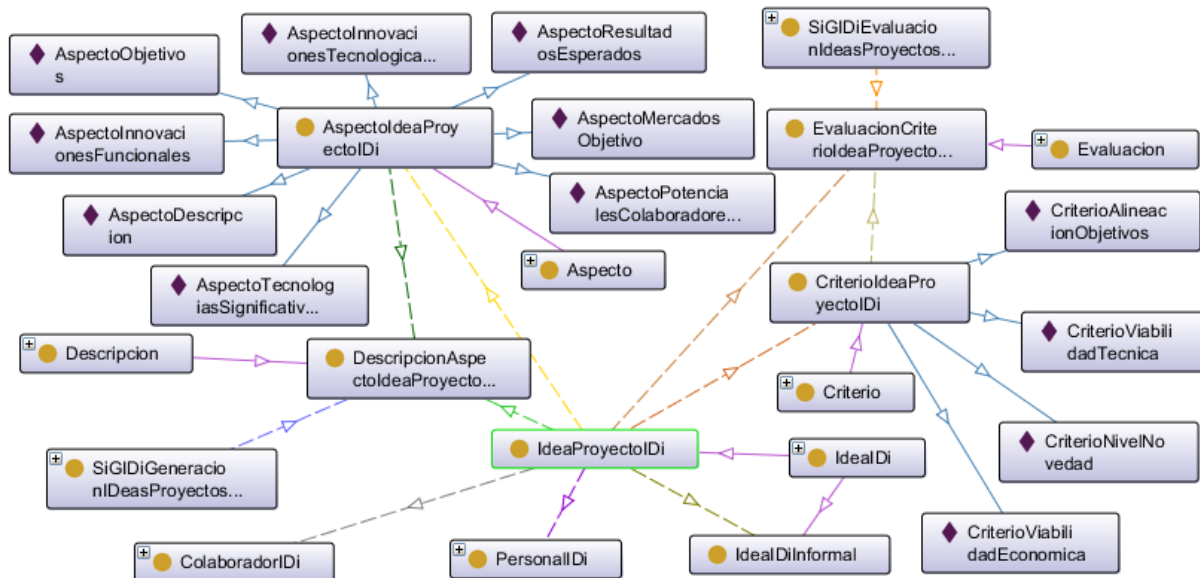


Figura 54. Jerarquía y relaciones del concepto “IdeaIDiProyecto”

Para la elaboración de una idea para un proyecto de I+D+i se utilizan ideas informales (procedentes de los procesos de creatividad o de colaboración). También tiene una serie de aspectos que forman parte de su descripción, como se estableció en el modelo para la gestión de la I+D+i expuesto en el Capítulo 2. Los aspectos obligatorios son: descripción, objetivos, resultados esperados, tecnologías significativas, innovaciones tecnológicas, innovaciones

funcionales, potenciales colaboradores, y mercados objetivo. Así mismo las ideas para proyectos de I+D+i pueden tener como autor a personal de la organización, y este mismo personal, junto con los colaboradores, pueden contribuir e enriquecerlas.

Por otra parte una idea de I+D+i tiene asociada su evaluación. Esta evaluación tiene asociados una serie de criterios de evaluación, establecidos en el modelo para la gestión de la I+D+i, como son alineamiento con objetivos de I+D+i, nivel de novedad, viabilidad técnica y viabilidad económica. Por último, la evaluación de estos criterios se realiza en base a las propiedades anteriormente descritas (puntuación, puntuación mínima, etc.).

3.4 Plataforma tecnológica para el soporte semántico a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i

Como se ha visto en el Capítulo 1, la gestión de la I+D+i es crucial para el éxito de las organizaciones, si bien en la actualidad no existe un soporte tecnológico adecuado a esta gestión, evidenciándose una importante cantidad de retos y dificultades por resolver, en base a los cuales se ha visto la idoneidad de las tecnologías de la Web Semántica para proporcionar dicho soporte. A partir del análisis tanto de estos retos y carencias del soporte tecnológico a la gestión de la I+D+i, como de los trabajos existentes en el ámbito científico en relación a la gestión de la I+D+i, se ha evidenciado que existe una especial necesidad (y carencia) de herramientas que faciliten el soporte inteligente al proceso de gestión de ideas. Además, debido a que se trata del proceso central de la gestión de la I+D+i, y a las características propias de dicho proceso analizadas en el apartado 2.5.4, en esta tesis doctoral se ha decidido que el desarrollo de tecnologías de la Web Semántica se enfoque de manera esencial en el soporte inteligente a la gestión de ideas a través de una adecuada KM, proporcionando de forma proactiva el conocimiento necesario para optimizar, en términos de eficacia y eficiencia, dicha gestión. En este apartado se describe la arquitectura diseñada para la aplicación de tecnologías de la Web Semántica al soporte a la gestión de ideas, en base al modelo propuesto en el Capítulo 2.

La arquitectura de la plataforma propuesta está representada por la Figura 27. Este sistema se basa en los trabajos presentados en (García-Moreno et al., 2013; Hernández-González et al., 2014) y se compone por 3 sistemas: el sistema de extracción semántica estructurada, el repositorio semántico y el sistema semántico, el cual interactúa directamente con la plataforma de gestión de ideas para proyectos de I+D+i explicada en el apartado 3.2.

El funcionamiento del sistema, de forma resumida, es el siguiente. La plataforma de gestión de ideas para proyectos de I+D+i implementa la interfaz de acceso a la plataforma para la gestión de la I+D+i, así como a los elementos de información necesarios en el ciclo de vida del proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i. Este módulo obtiene y almacena su información en una BD relacional, concretamente, en una BD MySQL. De cara a proporcionar a los usuarios de la plataforma el soporte inteligente basado en tecnologías semánticas en los distintos procesos de la gestión de ideas para proyectos de I+D+i (generación y evaluación), esta plataforma se comunica con el sistema semántico, e implementa servicios de ayuda a la toma de decisiones basados en la similitud semántica en cada uno de estos procesos. Por otro lado el sistema semántico explota el conocimiento (por medio de anotación, indexación y cálculo de similitud semántica) almacenado en el repositorio semántico, el cual incluye ontologías de distintos dominios, además de la explicada en el apartado anterior. Por último es necesario poder traducir los datos relacionales

almacenados en la aplicación en datos semánticos, e incorporarlos al repositorio semántico, tarea que se realiza en el sistema de extracción semántica estructurada.

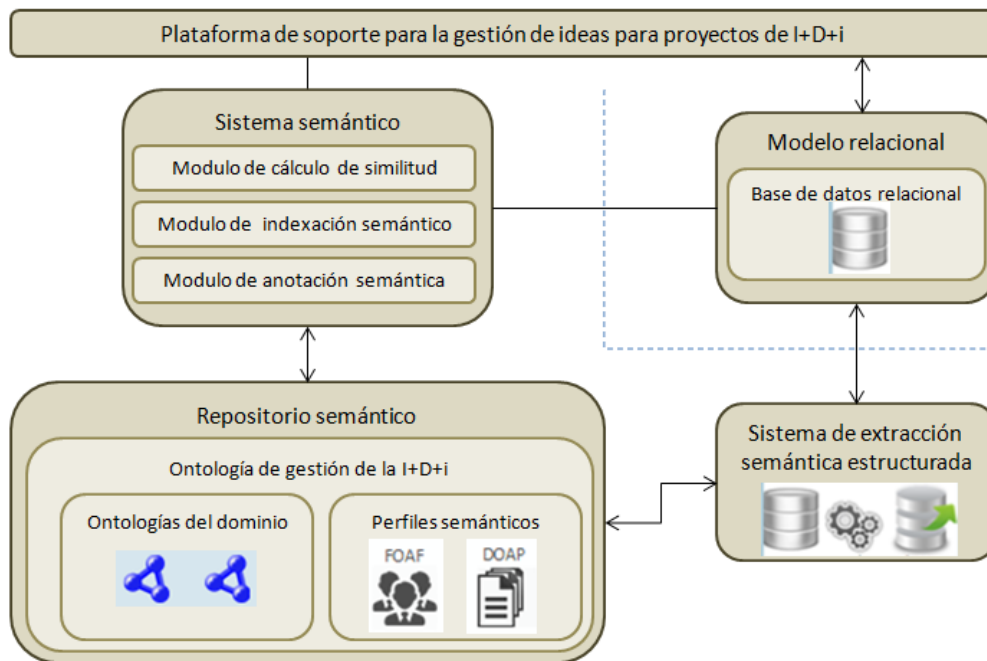


Figura 55. Arquitectura de la plataforma semántica para el soporte de gestión de ideas

El diseño de esta arquitectura está influenciado por el hecho de que el soporte inteligente a través del uso de tecnologías de la Web Semántica se ha aplicado a un primer prototipo de una plataforma para la gestión de la I+D+i existente, y que ya estaba en uso en una organización, incorporando las funcionalidades inteligentes de las que ésta carecía al soporte al proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i.

En las siguientes secciones se detalla cada uno de los sistemas de la arquitectura. Para facilitar su entendimiento se proporciona un ejemplo en el ámbito del soporte semántico a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i, el cual se centra en proporcionar ideas similares a una idea dada, tanto a la hora de su generación como de su evaluación.

3.5 Sistema de extracción semántica estructurada

Como se explicó en el capítulo 2, las tecnologías de la Web Semántica se basan en la DL, permitiendo a través de ésta el desarrollo de herramientas que proporcionen capacidades de inferencia y de explotación de la información, por medio de las funcionalidades de inferencia propias de las ontologías OWL y de razonadores basados en DL. Sin embargo el estado de desarrollo actual de las tecnologías de la Web Semántica no permite su utilización como pieza central de un sistema para su despliegue en un entorno corporativo, con el mismo rendimiento y eficiencia que tecnologías más consolidadas, como las BBDD relacionales. Además la mayoría de las herramientas que implementan tecnologías de la Web Semántica no son comerciales, sino que han sido desarrolladas para un entorno controlado y, por lo tanto, no proporcionan una buena escalabilidad. En consecuencia se ha diseñado la arquitectura explicada en el apartado anterior con el objetivo de permitir paliar estas deficiencias. Para ello la estrategia elegida consiste en utilizar las tecnologías de la Web Semántica de forma selectiva, es decir, como complemento a las tecnologías tradicionales,

únicamente en los puntos en los que su uso se hace indispensable, dotando a estas tecnologías de capacidades avanzadas que éstas no son capaces de proporcionar.

La consideración anterior ha influido principalmente en el diseño de la arquitectura del sistema de extracción semántica estructurada. Este sistema es el encargado de generar el modelo semántico asociado al sistema de gestión de ideas para proyectos de I+D+i.

3.5.1 Diseño del sistema de extracción semántica estructurada

En este apartado se describe el diseño de la arquitectura y de los módulos del sistema de extracción semántica estructurada, el cual, como se ha mencionado en la introducción al mismo, es el encargado de generar el modelo semántico asociado al sistema de gestión de ideas para proyectos de I+D+i. Su arquitectura se basa en la metodología de integración semántica presentada en otra tesis doctoral (Miñarro Giménez, 2012), proponiendo un avance respecto a ella en relación con el procesamiento de un tipo de tablas que se encuentran frecuentemente en una BD, las cuales incluyen columnas que relacionan dos tablas al contener claves foráneas y columnas descriptivas con campos de información.

Para ello, en primer lugar se extrae la información de la BD relacional, de forma que pueda posteriormente ser instanciada en la ontología para la gestión de la I+D+i explicada en el apartado 3.3, dentro del repositorio semántico. Será necesario, a su vez, generar y procesar una serie de reglas de correspondencia que definan las relaciones entre ambas, y de las consultas SQL asociadas a dichas reglas. Esta información será anotada por el sistema, en base a los términos identificados en la ontología para la gestión de la I+D+i, y generará las tripletas RDF correspondientes a las anotaciones realizadas. Por último, el sistema actualiza el contenido del repositorio semántico cada vez que se produce un cambio en la BD del sistema de gestión de ideas para proyectos de I+D+i.

La Figura 56 muestra los distintos módulos diseñados para la captación de información de las BBDD del sistema y para su anotación y publicación en su correspondiente modelo semántico.

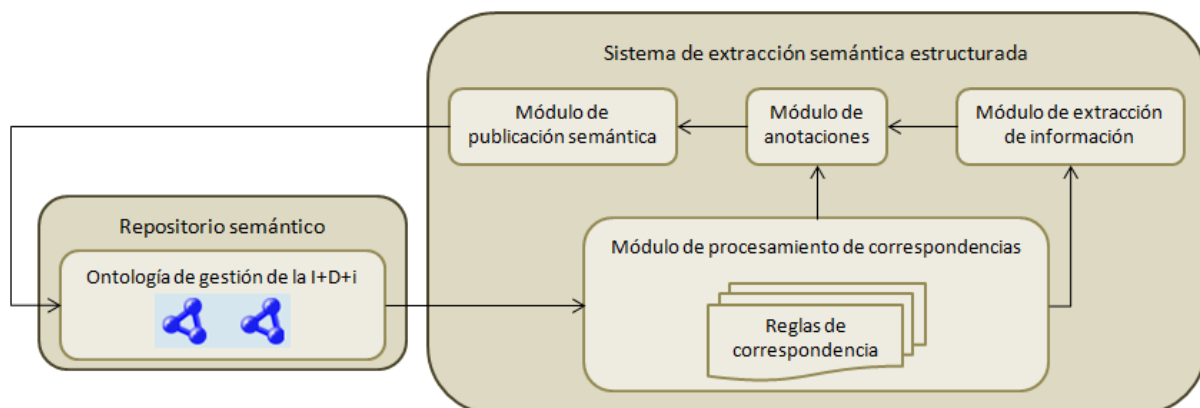


Figura 56. Arquitectura del sistema de extracción semántica estructurada

A continuación se describen los distintos módulos que componen la arquitectura del sistema de extracción semántica estructurada.

3.5.1.1 Módulo de Procesamiento de Correspondencias

Este módulo establece las relaciones entre el esquema de la BD del sistema de gestión de ideas para proyectos de I+D+i y la ontología del sistema del gestión de I+D+i. Para ello

procesa una serie de reglas de correspondencias entre dichos esquema y modelo. Como criterio general a la hora de establecer estas reglas, se considera que una tabla de la BD está asociada a una clase de la ontología, su clave primaria identifica a otras subclases o instancias, y sus columnas a propiedades de la clase correspondiente, y que las relaciones entre clases se corresponden con claves foráneas que relacionan distintas tablas en la BD. Además este módulo coordina el módulo de extracción de información con el de anotaciones para crear las instancias del modelo semántico.

Antes de explicar el diseño de este módulo a través del caso de ejemplo propuesto (identificación de ideas similares) es necesario recordar que, como se explicó en el apartado 3.3.3, en la definición del modelo ontológico para la gestión de la I+D+i se han empleado solamente las propiedades indispensables en cada clase, prefiriéndose el uso de relaciones entre clases, con el objetivo de preservar la flexibilidad para asegurar la compatibilidad con la realidad de las distintas organizaciones, y la escalabilidad del modelo. De esta forma, por ejemplo, en este caso, en lugar de definirse los distintos aspectos de la descripción de una idea, o los distintos criterios para su evaluación (establecidos en el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i en el Capítulo 2), a través de columnas de la tabla *Idea_ProyectoIDi* o de su clase de la ontología correspondiente, se ha hecho por medio de relaciones, de forma que cada empresa pueda añadir nuevos aspectos sin necesidad de modificar las tablas/clases, únicamente incorporando nuevas filas/instancias.

La tabla principal del sistema para la gestión de ideas para proyectos de I+D+i es la tabla *Idea_ProyectoIDi*, representada en la Tabla 13, en la cual se especifica su título y estado, pudiendo ser aprobada, rechazada, o no estar evaluada aún. Para la generación de la idea se emplean una serie de aspectos, los cuales pueden ser ampliados por una organización si así lo desea conveniente, por lo que se ha incluido la Tabla 14, específica para su gestión en lugar de columnas de una tabla. Por lo tanto, para gestionar las descripciones de los distintos aspectos que puede tener una idea se ha creado la Tabla 15, en la que se especifica que no puede describirse el mismo aspecto más de una vez para cada idea, ya que las columnas “*Id_Idea_ProyectoIDi*” e “*Id_Aspecto_Idea_ProyectoIDi*” componen la clave primaria de dicha tabla.

Idea_ProyectoIDi		
Id	Titulo	Estado
1	Idea 1	Aprobada
2	Idea 2	Rechazada
3	Idea 3	No evaluada

Tabla 13. Ejemplo de tabla de ideas para proyectos de I+D+i en la BD

Aspecto_Idea_ProyectoIDi	
Id	Nombre
4	Descripción
5	Objetivos
6	Resultados esperados

Tabla 14. Ejemplo de tabla de aspectos de la descripción de ideas para proyectos de I+D+i en la BD

Descripcion_Aspecto_Idea_ProyectoIDi		
Id_Idea_ProyectoIDi	Id_Aspecto_Idea_ProyectoIDi	Descripcion
1	4	Desc-1-4
1	5	Desc-1-5
1	6	Desc-1-6

Tabla 15. Ejemplo de tabla de descripción de aspectos de ideas para proyectos de I+D+i en la BD

De forma equivalente se ha procedido con la evaluación de ideas, creando la Tabla 16 para representar los criterios de evaluación, los cuales pueden ser también ampliables, y para los

que se incluye la puntuación mínima que debe tener una idea en cada criterio para que sea aprobada. Por último en la Tabla 17 se gestionan las evaluaciones de los distintos criterios para una idea, indicando la puntuación y la justificación de ésta para cada criterio. Como en el caso de la generación, no pueden existir dos evaluaciones de un mismo criterio para una misma idea, ya que los campos *Id_Idea_ProyectoIDi* e *Id_Criterio_Idea_ProyectoIDi* componen la clave primaria de dicha tabla.

Criterio_Idea_ProyectoIDi		
Id	Nombre	Puntuacion_minima
7	Alineamiento objetivos I+D+i	7
8	Nivel novedad	5
9	Viabilidad técnica	9

Tabla 16. Ejemplo de tabla de criterios de evaluación de ideas para proyectos de I+D+i en la BD

Evaluacion_Criterio_Idea_ProyectoIDi			
Id_Idea_ProyectoIDi	Id_Criterio_Idea_ProyectoIDi	Puntuacion	Justificacion
1	7	8	Just-1-7
1	8	6	Just-1-8
1	9	9	Just-1-9

Tabla 17. Ejemplo de tabla de evaluación de criterios de ideas para proyectos de I+D+i en la BD

En base a las tablas de la BD anteriores, la Figura 57 representa las relaciones entre una idea para un proyecto de I+D+i, los distintos aspectos para su descripción y la descripción de estos. Este modelo ontológico refleja una de las relaciones de transitividad explicadas en el apartado 3.3.3.

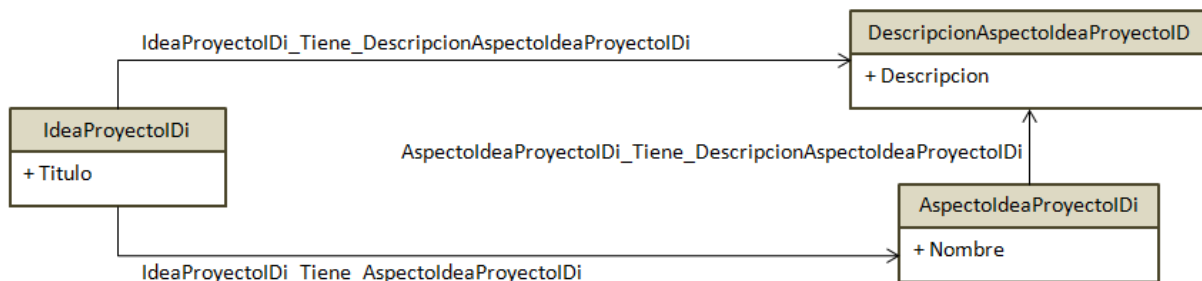


Figura 57. Modelo ontológico de la generación de ideas para proyectos de I+D+i

Las reglas de correspondencia contienen el conocimiento de cómo relacionar el esquema relacional de la BD de la plataforma para la gestión de la I+D+i y la ontología de la plataforma de gestión de ideas para proyectos de I+D+i. Para ello se ha construido una gramática para la definición de reglas de correspondencia entre dichos esquemas de BD y la ontología y, a partir de ella, se han definido las reglas de correspondencia necesarias para relacionar las tablas, columnas, filas, claves primarias y claves foráneas del primero con clases, instancias, propiedades y relaciones definidas en la segunda.

El formato utilizado para construir esta gramática es XML, de forma que se posibilita su utilización con independencia del dominio. La Tabla 18 representa formalmente la gramática propuesta para la definición de reglas de correspondencia para la publicación de información en un modelo semántico.

```

MappingsDocument ::= “<Alignment>” Repositorio Ontología Map* “</Alignment>”
Repositorio ::= “<dbsource>” Parámetros “>” Descripción “</dbsource>”
Parámetros ::= Tipo Conexión Usuario Contraseña
Ontología ::= “<ontotarget>” Fichero “</ontotarget>”
Map ::= MapClase | MapPropiedad | MapRelacion
MapClase ::= “<map>” TipoClase Clase DB Types “</map>”
MapPropiedad ::= “<map>” TipoProp Sujeto Predicado Literal “</map>”
MapRelacion ::= “<map>” TipoRel Sujeto Predicado Objeto “</map>”
Sujeto ::= “<source>” Clase DB “</source>”
Predicado ::= “<predicate>” Propiedad DB “</predicate>”
Literal ::= “<target>” DB “</target>”
Objeto ::= “<target>” Clase DB “</target>”
Propiedad ::= “<property><id>” URI “</id></property>”
Clase ::= “<class><id>” URI “</id></class>”
DB ::= “<db><id>” Tabla “.” Columna “</id></db>”
Types ::= “<types><id>punning</id></types>”
TipoClase ::= “<type>DB2Class</type>”
TipoProp ::= “<type>DB2Prop</type>”
TipoRel ::= “<type>DB2Prop</type>”
Tipo ::= “type=” String
Conexión ::= “connection=” String
Usuario ::= “user=” String
Contraseña ::= “password=” String
Descripción ::= String
Fichero ::= String
URI ::= String
Tabla ::= String
Columna ::= String
    
```

Tabla 18. Gramática reglas de correspondencia

En esta gramática se incluyen tres tipos de reglas de correspondencia: (i) DB2Class, el cual se identifica mediante la etiqueta `<type>DB2Class</type>` y se utiliza para establecer correspondencias entre tablas de la BD y clases de la ontología; (ii) DB2Prop, el cual se identifica mediante la etiqueta `<type>DB2Prop</type>` y se utiliza para establecer correspondencias entre columnas de una tabla y propiedades de una instancia de la ontología; y (iii) DB2R, el cual se identifica mediante la etiqueta `<type>DB2Rel</type>` y se utiliza para establecer relaciones entre distintas instancias de clases de la ontología a partir de las claves foráneas que se incluyen en las tablas de la BD.

A continuación se describen los detalles de cada uno de estos tipos de reglas.

Regla de correspondencia DB2Class

Como se ha explicado anteriormente, se considera que las tablas de una BD, en general, se corresponden con clases de la ontología. En el caso del sistema de gestión de ideas para proyectos de I+D+i, por ejemplo, la tabla *Idea_ProyectoIDi* se corresponderá con la clase *IdeaProyectoIDi* de la ontología del dominio de la gestión de la I+D+i.

En este caso de ejemplo se ha utilizado este tipo de reglas para la actualización automática de instancias en la ontología cuando se actualicen filas en las tablas en la BD, haciendo corresponder los identificadores de la clave primaria de una tabla con identificadores de instancias en una clase.

Los elementos que componen esta regla son los siguientes:

- `<class><id>URI </id></class>`, donde se incluye la URI que identifica la clase de la ontología
- `<db><id>NombreTabla.NombreColumna</id></db>`, donde se identifica la columna de la tabla a partir de cuyos valores se identifica la instancia de la clase.

La Tabla 19 muestra un ejemplo de regla de correspondencia tipo “DB2Class”, a través de la cual se asocia la clase *IdeaProyectoIDi* de la ontología con la tabla *Idea_ProyectoIDi* de la BD, especificando que las instancias de la primera se identificarán con los valores de la columna *Id* de la segunda, es decir, con su clave primaria.

```
<map>
  <type>DB2Class</type>
  <class><id>http://ontology.owl#Idea_ProyectoIDi</id></class>
  <db><id> IdeaProyectoIDi.Id</id></db>
</map>
```

Tabla 19. Ejemplo de regla de correspondencia de “DB2Class” que hace corresponder la tabla “Idea_ProyectoIDi” de la BD con la clase “IdeaProyectoIDi” de la ontología

Mención especial merecen las clases *AspectoIdeaProyectoIDi* y *CriterioIdeaProyectoIDi*, ya que se ha tomado la decisión de que los valores de las tablas *Aspecto_Idea_ProyectoIDi* y *Criterio_Idea_ProyectoIDi* se correspondan con instancias de las clases correspondientes, en lugar de con subclases de éstas, ya que no implican distinciones en el dominio, realizándose las descripciones y evaluaciones de forma idéntica para cada individuo. En este sentido la Tabla 20 muestra otro ejemplo de este tipo de regla, a través del cual se hacen corresponder los elementos de la tabla *Aspecto_Idea_ProyectoIDi* con las instancias de la clase *AspectoIdeaProyectoIDi*.

```
<map>
  <type>DB2Class</type>
  <class><id>http://ontology.owl#AspectoIdeaProyectoIDi</id></class>
  <db><id>Aspecto_Idea_ProyectoIDi.Id</id></db>
</map>
```

Tabla 20. Ejemplo de regla de correspondencia “DB2Class” que hace corresponder la tabla “Aspecto_Idea_ProyectoIDi” de la BD con la clase “AspectoIdeaProyectoIDi” de la ontología

Se ha procedido de forma equivalente con las tablas correspondientes a la evaluación de ideas para proyectos de I+D+i.

También suponen un caso especial las tablas *Descripcion_Aspecto_Idea_ProyectoIDi* y *Evaluacion_Criterio_Idea_ProyectoIDi*, ya que en ellas se encuentran columnas descriptivas y columnas que relacionan distintas tablas. En este caso, estas tablas se corresponden con las clases *DescripcionAspectoIdeaProyectoIDi* y *EvaluacionCriterioIdeaProyectoIDi* de la ontología, explicándose en los siguientes puntos cómo proceder a la hora de hacer corresponder sus propiedades y relaciones con columnas de las tablas correspondientes.

Regla de correspondencia DB2Prop

Como se ha explicado anteriormente, se considera que las columnas de las tablas de una BD, que no son clave primaria, en general, se corresponden con propiedades de clases de la ontología. En el caso del sistema de gestión de ideas para proyectos de I+D+i, por ejemplo, la columna *Titulo* de la tabla *Idea_ProyectoIDi* se corresponderá con la propiedad *Titulo* de la

clase *IdeaProyectoIDi* de la ontología del dominio de la gestión de la I+D+i. En este caso de ejemplo se ha utilizado este tipo de reglas para la actualización automática de valores de propiedades en las instancias en la ontología cuando se actualicen filas en las tablas de la BD, haciendo corresponder el valor de una fila en una columna con el valor de la propiedad en la clase de la ontología que posea el identificador correspondiente.

Los elementos que componen esta regla son los siguientes:

- `<source><class><id>URI</id></class><db><id>NombreTabla.NombreColumna</id></db></source>`, donde en `<class><id>` se identifica la clase a cuyas instancias se asignarán los valores para la propiedad y en `<db><id>` la clave primaria de la tabla correspondiente a dicha clase.
- `<predicate><property><id>URI</id></property></predicate>`, donde en `<property><id>` se especifica la propiedad para la que se asignarán valores a las instancias de la clase
- `<target><db><id>NombreTabla.NombreColumna</id></db></target>`, donde en `<db><id>` se especifica la columna de la tabla de la que se obtendrán los valores para asignarlos a la propiedad de las instancias de la clase.

Las columnas identificadas en la etiqueta de *source* y *target* deben pertenecer a la misma tabla.

En la Tabla 21 se muestra un ejemplo de regla de correspondencia de tipo “DB2Prop”, el cual hace corresponder a la propiedad *Titulo* de las instancias de la clase *IdeaProyectoIDi* los valores del campo *Titulo* de la tabla *Idea_ProyectoIDi*, a través de la columna *Id* de dicha tabla, es decir, su clave primaria.

```

<map>
  <type>DB2Prop</type>
  <source>
    <class><id>http://ontology.owl.owl#IdeaProyectoIDi</id></class>
    <db><id>IdeaProyectoIDi.Id</id></db>
  </source>
  <predicate>
    <property><id>http://ontology.owl.owl#IdeaProyectoIDi_Titulo</id></property>
  </predicate>
  <target>
    <db><id>Idea_ProyectoIDi.Titulo</id></db>
  </target>
</map>

```

Tabla 21. Ejemplo de regla de correspondencia “DB2Prop” que hace corresponder propiedad “IdeaProyectoIDi_Titulo” con la columna “Titulo” de la tabla “Idea_ProyectoIDi”

Se procede de la misma forma para hacer corresponder la tabla *Aspecto_Idea_ProyectoIDi* de la BD con la clase *AspectoIdeaProyectoIDi* de la ontología.

Mención especial merecen las tablas *Descripcion_Aspecto_Idea_ProyectoIDi* y *Evaluacion_Criterio_Idea_ProyectoIDi*, ya que, como se ha explicado anteriormente, en ellas se encuentran columnas descriptivas y columnas que relacionan distintas tablas. En este caso se han hecho corresponder las columnas descriptivas con propiedades de las clases *DescripcionAspectoIdeaProyectoIDi* y *EvaluacionCriterioIdeaProyectoIDi*.

En este sentido, la Tabla 22 muestra otro ejemplo de regla de correspondencia de tipo “DB2Prop”, la cual hace corresponder a la propiedad *Puntuacion* de las instancias de la clase *EvaluacionCriterioIdeaProyectoIDi* los valores de la columna *Puntuacion* de la tabla *Evaluacion_Criterio_Idea_ProyectoIDi*, a través de las columnas que componen la clave primaria de dicha tabla, es decir *Id_Idea_ProyectoIDi* e *Id_Criterio_Idea_ProyectoIDi*.

```

<map>
  <type>DB2Prop</type>
  <source>
    <class><id>http://ontology.owl.owl#EvaluacionCriterioIdeaProyectoIDi</id></class>
    <db>
      <id>Evaluacion_Criterio_Idea_ProyectoIDi.Id_Idea_ProyectoIDi</id>
      <id>Evaluacion_Criterio_Idea_ProyectoIDi.Id_Criterio_Idea_ProyectoIDi</id>
    </db>
  </source>
  <predicate>
    <property><id>http://ontology.owl.owl#EvaluacionCriterioIdeaProyectoIDi_Puntuacion</id></prop
erty>
  </predicate>
  <target>
    <db><id>Evaluacion_Criterio_Idea_ProyectoIDi.Puntuacion</id></db>
  </target>
</map>

```

Tabla 22. Ejemplo de regla de correspondencia “DB2Prop” que hace corresponder propiedad “EvaluacionCriterioIdeaProyectoIDi_Puntuacion” con la columna “Puntuacion” de la tabla “Evaluacion_Criterio_Idea_ProyectoIDi”

En el punto siguiente se explica cómo proceder a la hora de hacer corresponder sus relaciones con columnas de las tablas correspondientes.

Regla de correspondencia DB2Rel

Como se ha explicado anteriormente, se considera que, en general, las relaciones entre clases de una ontología se corresponden con claves foráneas que relacionan distintas tablas en la BD.

Los elementos que componen esta regla son los siguientes:

- `<source><class><id>URI</id></class><db><id>NombreTabla.NombreColumna</id></db></source>`, donde en `<class><id>` se identifica la clase a cuyas instancias se asignarán las relaciones y en `<db><id>` la clave primaria de la tabla correspondiente a dicha clase.
- `<predicate><property><id>URI</id></property></predicate>`, donde en `<property><id>` se identifica la URI de la propiedad de la ontología que se establecerá.
- `<target><class><id>URI</id></class><db><id>NombreTabla.NombreColumna</id></db></target>`, donde en `<class><id>` se identifica la clase con cuyas instancias se relacionarán las identificadas en `<source>` y en `<db><id>` la clave primaria de la tabla correspondiente a dicha clase.

En el caso del sistema de gestión de ideas para proyectos de I+D+i se ha utilizado este tipo de reglas para la actualización automática de relaciones entre instancias de clases en la ontología cuando se actualicen filas en las tablas de la BD correspondientes, estableciendo las

relaciones pertinentes en las instancias de las dos clases de la ontología que se corresponden con los identificadores de las filas de cada tabla referenciadas por ambas claves foráneas.

En la Tabla 23 se muestra un ejemplo de regla de correspondencia de tipo DB2Rel, el cual establece la relación *tieneCriterio* entre las instancias de la clase *IdeaProyectoIDi* con las instancias de la clase *CriterioIdeaProyectoIDi*, a través de las columnas *Id_Idea_ProyectoIDi* e *Id_Criterio_Idea_ProyectoIDi* de la tabla *Evaluacion_Criterio_Idea_ProyectoIDi*, en la que son claves foráneas.

```
<map>
  <type>DB2Rel</type>
  <source>
    <class><id>http://ontology.owl#IdeaProyectoIDi</id></class>
    <db><id>Evaluacion_Criterio_Idea_ProyectoIDi.Id_IdeaProyectoIDi</id></db>
  </source>
  <predicate>
    <property><id>http://ontology.owl#tieneCriterio</id></property>
  </predicate>
  <target>
    <class><id>http://ontology.owl#CriterioIdeaProyectoIDi</id></class>
    <db><id>Evaluacion_Criterio_Idea_ProyectoIDi.Id_Criterio_Idea_ProyectoIDi
      </id></db>
  </target>
</map>
```

Tabla 23. Ejemplo de regla de correspondencia tipo “DB2Rel” que relaciona las clases “IdeaProyectoIDi” y “CriterioIdeaProyectoIDi” a través de la tabla “Evaluacion_Criterio_Idea_ProyectoIDi”

Además, en este caso particular se dan situaciones especiales, ya que en las tablas *Descripcion_Aspecto_Idea_ProyectoIDi* y *Evaluacion_Criterio_Idea_ProyectoIDi* se encuentran columnas descriptivas y columnas que relacionan distintas tablas. Por ello las reglas de correspondencia de tipo DB2Rel se han utilizado también para establecer relaciones entre las instancias de las clases representadas por las claves foráneas con la clase correspondiente a cada una de estas dos tablas. De esta forma, en el caso de la evaluación de ideas para proyectos de I+D+i, estas reglas establecen relaciones entre las instancias de la clase *EvaluacionCriterioIdeaProyectoIDi* con las de las clases *IdeaProyectoIDi* y *CriterioIdeaProyectoIDi*, además de entre las instancias de estas dos últimas clases. De forma equivalente se ha procedido en el caso de la generación de ideas para proyectos de I+D+i con las clases *DescripcionAspectoIdeaProyectoIDi*, *AspectoIdeaProyectoIDi* y *AspectoIdeaProyectoIDi*.

La Tabla 24 se muestra un ejemplo de regla de correspondencia de tipo DB2Rel, que establece la relación *tieneEvaluacion* entre las instancias de la clase *IdeaProyectoIDi* con las instancias de la clase *EvaluacionCriterioIdeaProyectoIDi*, a través de la columnas *Id_Idea_ProyectoIDi* y la dupla que compone la clave primaria de la tabla *Evaluacion_Criterio_Idea_ProyectoIDi*, es decir, las columnas *Id_Idea_ProyectoIDi* e *Id_Criterio_Idea_ProyectoIDi*.

```
<map>
  <type>DB2Rel</type>
  <source>
    <class><id>http://ontology.owl#IdeaProyectoIDi</id></class>
    <db><id>Evaluacion_Criterio_Idea_ProyectoIDi.Id_IdeaProyectoIDi</id></db>
```

```

</source>
<predicate>
  <property><id>http://ontology.owl#tieneEvaluacion</id></property>
</predicate>
<target>
  <class><id>http://ontology.owl#EvaluacionCriterioIdeaProyectoIDi</id></class>
  <db>
    <id>Evaluacion_Criterio_Idea_ProyectoIDi.Id_Idea_ProyectoIDi</id>
    <id>Evaluacion_Criterio_Idea_ProyectoIDi.Id_Criterio_Idea_ProyectoIDi</id>
  </db>
</target>
</map>

```

Tabla 24. Ejemplo de regla de correspondencia tipo “DB2Rel” que relaciona las clases “IdeaProyectoIDi” y “EvaluacionCriterioIdeaProyectoIDi” a través de la tabla “Evaluacion_Criterio_Idea_ProyectoIDi”

Este módulo procesa todas las reglas de correspondencia definidas, para realizar las transformaciones necesarias y solicitadas por los módulos de extracción de información y de anotaciones, para llevar a cabo las acciones correspondientes en cada módulo.

3.5.1.2 Módulo de Extracción de Información

Este módulo obtiene la información de la BD de la plataforma de gestión de ideas para proyectos de I+D+i, generando los objetos correspondientes a la información extraída, a partir de los cuales el módulo de anotaciones complementará el modelo semántico. Para ello, define las consultas SQL adecuadas para la recuperación de la información de dicha BD. Para obtener la lógica que establece la forma en la que extraer dicha información, este módulo invoca al módulo de procesamiento de correspondencias.

Así, por ejemplo, para la Tabla 19 este módulo genera la consulta SQL mostrada en la Tabla 25, obteniendo los identificadores de la tabla *IdeaProyectoIDi* de la BD. Con esta información el módulo de anotaciones genera las anotaciones correspondientes con las instancias de la clase *IdeaProyectoIDi*. Como resultado de esta consulta se obtendrían los identificadores “1”, “2” y “3”.

```

SELECT DISTINCT Id
FROM
Idea_ProyectoIDi;

```

Tabla 25. Ejemplo de consulta SQL asociada con las instancias de la clase “IdeaProyectoIDi”

A partir de los identificadores obtenidos de la consulta de la Tabla 25 se pueden obtener los valores de sus propiedades y relaciones asociadas. Así, la Tabla 26 muestra cómo obtener el valor de la propiedad *IdeaProyectoIDi_Titulo* para la idea con identificador “1”.

```

SELECT Titulo
FROM Idea_ProyectoIDi
WHERE Id = 1;

```

Tabla 26. Ejemplo de consulta SQL que extrae los valores de la propiedad “Titulo” de la clase “IdeaProyectoIDi”

La Tabla 27, por su parte, muestra cómo obtener el valor de la propiedad *EvaluacionCriterioIdeaProyectoIDi_Puntuacion* para la idea con identificador “1”. Esta consulta se genera a través de la regla de correspondencia de tipo DB2Prop mostrada en la Tabla 22.

```

SELECT Puntuacion
FROM Evaluacion_Criterio_Idea_ProyectoIDi
WHERE Id_Idea_ProyectoIDi = 1
AND Id_Criterio_Idea_ProyectoIDi = 8;

```

Tabla 27. Ejemplo de consulta SQL que extrae los valores de la propiedad “Puntuacion” de la clase “EvaluacionCriterioIdeaProyectoIDi”

En relación a las reglas de correspondencia DB2Rel, para relacionar dos instancias a través de la relación *tieneCriterio* se utiliza la regla descrita en la Tabla 23 para generar la consulta SQL mostrada en la Tabla 28, en la cual se obtienen para la idea con identificador “1” sus criterios de evaluación (con identificadores “7”, “8” y “9”).

```
SELECT
Id_Criterio_Idea_ProyectoIDi
FROM
Evaluacion_Criterio_Idea_ProyectoIDi
WHERE Id_Idea_ProyectoIDi = 1;
```

Tabla 28. Ejemplo de consulta SQL que obtiene los criterios de evaluación de una idea para un proyecto de I+D+i

Por último la Tabla 29 muestra la consulta obtenida a partir de la regla de correspondencia mostrada en la Tabla 24 para obtener la información que permita relacionar una idea para un proyecto de I+D+i con la evaluación que se ha realizado para ella en base a distintos criterios. En este caso la consulta devuelve las duplas de identificadores (“1”,“7”), (“1”,“8”) y (“1”,“9”), las cuales se corresponden con los identificadores de las tres instancias de la clase *EvaluacionCriterioIdeaProyectoIDi*.

```
SELECT Id_Idea_ProyectoIDi,
Id_Criterio_Idea_ProyectoIDi
FROM Evaluacion_Criterio_Idea_ProyectoIDi
WHERE Id_Idea_ProyectoIDi = 1 AND
Id_Criterio_Idea_ProyectoIDi = 8;
```

Tabla 29. Ejemplo de consulta SQL que obtiene la evaluación de un criterio para una idea para un proyecto de I+D+i

3.5.1.3 Módulo de Anotaciones

El módulo de anotaciones es el encargado de anotar las clases y propiedades definidas en la ontología del dominio de la gestión de la I+D+i con la información extraída de la BD del sistema de gestión de ideas para proyectos de I+D+i. Estas anotaciones se utilizan para poblar el modelo semántico asociado, permitiendo explotar el conocimiento extraído de dicha BD. Este módulo invoca al módulo de extracción de información para obtener la información que debe ser anotada, y al módulo de procesamiento de correspondencias para obtener la lógica que indica cómo anotar dicha información, y agruparla para generar las distintas instancias con las que poblar el modelo semántico.

La información extraída a partir de la consulta SQL mostrada en la Tabla 25 permitirá realizar las anotaciones correspondientes a la creación de las instancias de la clase *IdeaProyectoIDi* en base a sus identificadores, tal y como implica la regla de correspondencia de tipo DB2Class mostrada en la Tabla 19.

En relación a las propiedades, a partir de la información extraída de la consulta SQL de la Tabla 26, se añadirá el valor de la propiedad *IdeaProyectoIDi_Titulo* de la instancia de la clase *IdeaProyectoIDi* con identificador “1”, tal y como refleja la regla de correspondencias DB2Prop reflejada en la Tabla 21. De la misma forma, la información extraída de la BD por medio de la consulta mostrada en la Tabla 27 se utilizará para añadir el valor de la propiedad *EvaluacionCriterioIdeaProyectoIDi_Puntuacion* a las instancias de la clase *EvaluacionCriterioIdeaProyectoIDi* que están relacionadas con la instancia de la clase *IdeaProyectoIDi* con identificador “1” y con la instancia de la clase *CriterioIdeaProyectoIDi* con identificador “8”. Por ello las reglas de tipo DB2Rel se procesan con anterioridad a las de tipo DB2Prop.

Por último, con respecto a las relaciones entre instancias de distintas clases, a partir de la información extraída de la BD por medio de la consulta mostrada en la Tabla 28, se anotará la relación entre la instancia de la clase *IdeaProyectoIDi* con identificador “1” y las de la clase *CriterioIdeaProyectoIDi* con identificadores “7”, “8” y “9”, tal y como estipula la regla de correspondencia de tipo DB2Rel de la Tabla 23. De la misma forma, la información extraída

de la BD a través de la consulta de la Tabla 29 se utilizará para anotar la relación entre la instancia de la clase *IdeaProyectoIDi* con identificador “1” y las de la clase *EvaluacionCriterioIdeaProyectoIDi* que están relacionadas con la instancia de la clase *IdeaProyectoIDi* que tiene identificador “1” y con la instancia de la clase *CriterioIdeaProyectoIDi* con identificador “8”. Por ello las reglas DB2Rel que relacionan clases correspondientes a dos claves foráneas en una misma tabla, se procesan previamente a las que relacionan a cada una de esas clases con la clase correspondiente a la tabla que las contiene, en el caso de que ésta incluya también columnas descriptivas.

Los mecanismos diseñados para la extracción y anotación de conocimiento, permiten establecer automáticamente todos los vínculos necesarios para proporcionar soporte inteligente a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i, como por ejemplo entre organizaciones y tecnologías, además de con los proyectos en los que participan, etc.

3.5.1.4 Módulo de publicación semántica.

En el módulo de publicación semántica se recupera la información anotada por el módulo de anotaciones, se procesa y se almacena en tripletas en el repositorio semántico. Básicamente, este módulo alimenta el repositorio semántico a partir de los datos obtenidos en el módulo de anotación. El repositorio semántico contiene información en RDF que almacena el ABox, es decir, las instancias con las que se puebla dicha ontología a través del módulo de anotaciones. Por otra parte, el repositorio ofrece una interfaz para el acceso a esta información, por medio de la utilización de los lenguajes SPARQL y SPARUL.

Como conclusión a la descripción del sistema de extracción semántica estructurada cabe resaltar que este sistema supone el nexo de unión entre la arquitectura semántica y la arquitectura tradicional (o relacional) a la hora de prestar soporte inteligente de forma automática a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i. Este sistema publica la información presente en el repositorio relacional en un repositorio semántico, caracterizado por el uso de lenguajes semánticos basados en DL, lo cual permite utilizar razonadores para realizar tareas de inferencia. Por último, merece la pena resaltar que el sistema de extracción semántica estructurada publica únicamente la información que es semánticamente relevante para la plataforma de gestión de ideas para proyectos de I+D+i, en lugar de toda la información incluida en su BD, mejorando así el rendimiento global del sistema semántico.

3.6 Repositorio semántico

El objetivo principal del repositorio semántico es el almacenamiento de todas las ontologías utilizadas y las instancias generadas por el módulo de extracción semántica estructurada, para permitir proporcionar soporte inteligente al sistema de gestión de ideas para proyectos de I+D+i. La ontología principal de este repositorio es la ontología del dominio de la gestión de la I+D+i vista en el apartado 3.3.

Debido a que las herramientas actuales no proporcionan las características de flexibilidad requeridas, se ha optado por realizar un desarrollo ad hoc del repositorio semántico, pero teniendo en cuenta que pueda ser lo suficientemente genérico para permitir su escalabilidad y la inclusión de conocimiento específico de cada organización y nuevas ontologías de dominio. Por ello se ha incluido un repositorio de ontologías de dominio, las cuales representan los modelos que posibilitan proporcionar el conocimiento de distintos dominios concretos para la aplicación del sistema en distintos tipos de organizaciones. Por último, con este mismo objetivo, en el repositorio semántico se han incluido perfiles semánticos basados en RDF que representan las instancias de los recursos definidos en la ontología del dominio

de la gestión de la I+D+i, profundizando en el conocimiento de algunos de los aspectos involucrados en la misma (ideas, proyectos, organizaciones y productos). A continuación se proporciona información más detallada de estos dos últimos elementos, ya que la ontología del dominio de la gestión de la I+D+i ha sido detallada en el apartado 3.3.

3.6.1 Repositorio de ontologías de dominio

El objetivo del repositorio de ontologías de dominio es permitir almacenar el conocimiento e información lingüística relevante de distintos dominios de aplicación a los que se desea aplicar el sistema de gestión de ideas para proyectos de I+D+i, posibilitando su uso por parte de organizaciones de distintos ámbitos de actuación. El caso concreto de aplicación de esta tesis doctoral son los dominios de las TIC y de la Ingeniería del Software, por lo que se han desarrollado, y almacenado en el repositorio, dos ontologías describiendo estos dominios. De esta forma se proporcionan modelos que posibilitan incorporar el conocimiento de estos dominios concretos para el caso de aplicación.

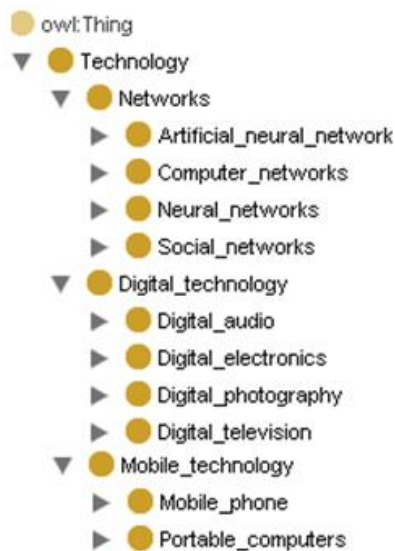


Figura 58. Extracto de la ontología del dominio de las TIC

De cara al diseño de la ontología del dominio de las TIC, se ha decidido reaprovechar la información procedente de fuentes que contengan una gran cantidad de información, organizando y estructurando la misma de una forma conocida y aceptada por la comunidad de internet. Por ello, la fuente de información seleccionada como principal proveedor de información ha sido Wikipedia⁸². De cara a facilitar la obtención y estructuración de la información se ha diseñado un proceso de extracción de información a partir de Wikipedia. La Figura 58 muestra un extracto del conocimiento extraído y estructurado a través de este proceso. En ella se representan algunos conceptos genéricos de la ontología de las TIC, en sus tres primeros niveles de organización. El primer nivel de la ontología es *Technology*, el cual se encuentra tras el nodo raíz (*owl:Thing*) y representa conceptos genéricos del dominio. El siguiente nivel representa distintos tipos de tecnologías, mientras el tercero lo hace para tecnologías concretas de esos tipos.

De cara al diseño de la ontología del dominio de la ingeniería del software se ha tomado como base el cuerpo de conocimiento generalmente aceptado SWEBOK⁸³ (del inglés “*Software Engineering Body of Knowledge*”). A partir de este cuerpo de conocimiento no se han encontrado ontologías del dominio de la ingeniería del software, aunque sí para ámbitos concretos de la misma, como la ingeniería de requisitos (Dermeval et al., 2015; Gigante, et al., 2015; Grant, 2015). Además, se han incluido los sinónimos necesarios para representar el conocimiento tanto en inglés como en español.

3.6.2 Perfiles semánticos

En este apartado se describen los perfiles semánticos utilizados para complementar el modelo semántico que supone la ontología para el dominio de la gestión de la I+D+i. Estos perfiles incorporan la representación de información correspondiente a los principales elementos

⁸² <https://es.wikipedia.org>

⁸³ <http://www.computer.org/web/swebok>

utilizados en el soporte semántico a la gestión de ideas (ideas y proyectos de I+D+i, organizaciones y productos). La instanciación de estas estructuras se realiza a partir de la información de la BD del sistema de gestión de ideas para proyectos de I+D+i, por medio del sistema de extracción semántica estructurada. A continuación se explica cómo se han construido los perfiles semánticos utilizados.

3.6.2.1 Descripción semántica de ideas para proyectos de I+D+i

Para complementar la información de las ideas para proyectos de I+D+i se ha reutilizado parte del vocabulario de la ontología GI2MO, analizada en el apartado 1.4.3.1.

En dicho análisis se detectaron una serie de carencias, como la falta de conexión de una idea con información estratégica, de potenciales colaboradores, o información relacionada con otros procesos de I+D+i, como la VT/IC. En el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i y en la ontología del dominio correspondiente se han paliado estas carencias identificadas. Sin embargo, en GI2MO se incluyen propiedades de interés para la descripción de una idea, como el de ideas similares (*gi2m:hasSimilar*), la cual es relevante a la hora de proporcionar soporte inteligente a dicha gestión.

La Figura 59 muestra la representación de la clase idea en la ontología GI2MO, y las propiedades de relación entre instancias de dicha clase.

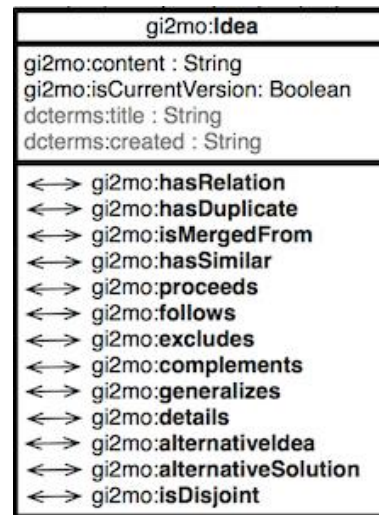


Figura 59. Clase Idea de la ontología GI2MO⁸⁴

3.6.2.2 Descripción semántica de proyectos de I+D+i

Para la representación de la información correspondiente a los proyectos de I+D+i se ha empleado como base la ontología DOAP, la cual se compone de un esquema RDF, y se utiliza para describir proyectos de código abierto. Sin embargo, el vocabulario de DOAP no es suficiente para la representación de proyectos de I+D+i, ya que no incluye la mayoría de los elementos de su descripción.

Por lo tanto, de cara a enriquecer la descripción semántica de proyectos de I+D+i, se ha creado un nuevo esquema RDF basado en DOAP, extendiendo el vocabulario de éste, incluyendo una serie de propiedades en base al anexo técnico de la plantilla para propuestas del programa H2020⁸⁵. Estas propiedades son: *objective*, *concept*, *ambition*, *product_impact*, *market_impact*. Estas propiedades se centran en la descripción del proyecto, lo cual es suficiente para los objetivos de esta tesis doctoral, pero para una descripción completa haría falta también incluir información relativa a la planificación, entregables, equipo de trabajo, etc.

⁸⁴ <http://www.gi2mo.org/ontology/>

⁸⁵ http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/call_ptef/pt/h2020-call-pt-ria-ia_en.pdf

La Tabla 30 muestra un ejemplo de la descripción de un proyecto de I+D+i basada en esta extensión de DOAP. En ella se ha incluido el prefijo *doap_ext* para referenciar el nombre del vocabulario DOAP extendido.

```

<rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:foaf="http://xmlns.com/foaf/0.1/"
  xmlns:doap="http://usefulinc.com/ns/doap#"
  xmlns:doap_ext="http://www.innovation-labs.com/ns/doap_ext#">
  <doap:Project>
    <doap:name>SITIO</doap:name>
    <doap:shortdesc xml:lang="en">Descripción corta del proyecto</doap:shortdesc>
    <doap_ext:objectives>Resultados que se quieren obtener</doap_ext:objective>
    <doap_ext:concept>Descripción de cómo se pretende obtener los reesultados
    propuestos</doap_ext:concept>
    <doap_ext:ambition> Innovaciones técnicas</doap_ext:ambition>
    <doap_ext:product_impact>Innovaciones funcionales</doap_ext: product_impact>
    <doap_ext:market_impact>Innovaciones de mercado</doap_ext: market_impact>
    <foaf:Organization>
      <foaf:name>Indra Software Labs S.L.U.</foaf:name>
    </foaf:Organization>
    <foaf:Organization>
      <foaf:name>Universidad de Murcia</foaf:name>
    </foaf:Organization>
    <foaf:Organization>
      <foaf:name>Universidad Carlos III de Madrid</foaf:name>
    </foaf:Organization>
  </doap:Project>
</rdf:RDF>

```

Tabla 30. Ejemplo de extensión de DOAP para la descripción de un proyecto de I+D+i

En el ejemplo mostrado se encuentra información útil para el soporte semántico a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i, como son las características del proyecto y las organizaciones colaboradoras involucradas en él. Como puede verse, se incluyen conceptos y propiedades del espacio de nombres de la ontología FOAF para referenciar personas o empresas involucradas en el proyecto.

3.6.2.3 Descripción semántica de organizaciones

Para la representación de la información correspondiente a las organizaciones se ha empleado como base la ontología “*An organization ontology*”⁸⁶ publicada por la W3C, la cual reutiliza espacios de nombres de otras ontologías, como la ya citada FOAF, o “*Good Relations*”, la cual se trata en el punto siguiente. Esta ontología también será de utilidad para representar la estructura organizacional de I+D+i.

Como puede verse en la representación de su estructura básica mostrada en la Figura 60, esta ontología carece de información esencial para poder proporcionar soporte semántico a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i, como es el caso de las tecnologías principales con las que trabaja la organización. Por ello se ha extendido con el concepto *org_ext:technologies*

⁸⁶ <http://www.w3.org/TR/2012/WD-vocab-org-20121023/>

para proporcionar las relaciones correspondientes con la ontología del dominio de las TIC explicada en el apartado 3.6.1.

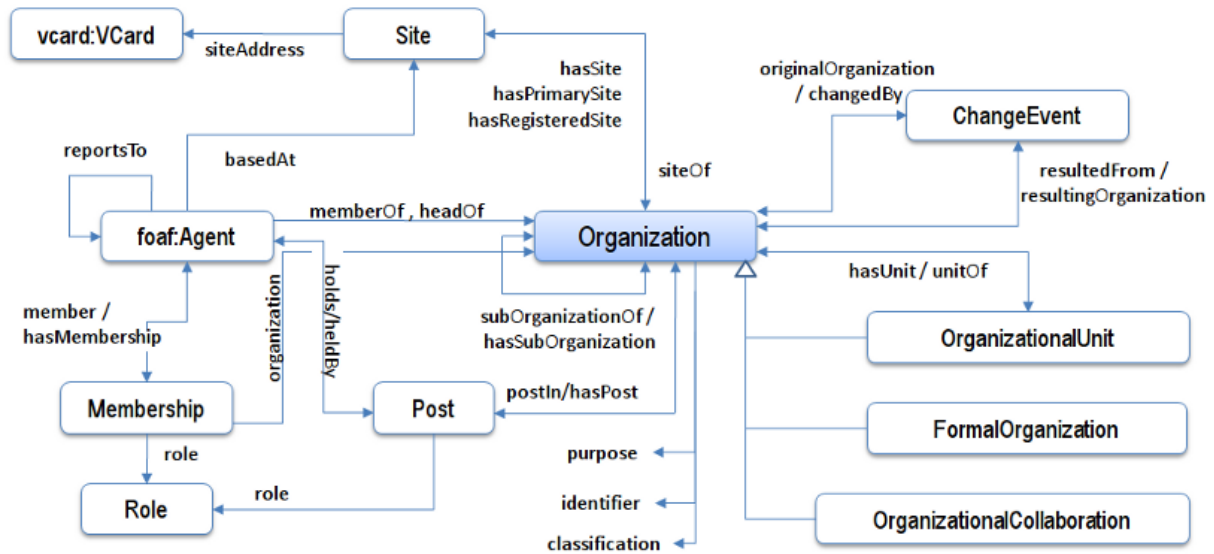


Figura 60. Estructura básica de la ontología “An organization ontology”⁸⁷

3.6.2.4 Descripción semántica de productos

De la misma forma que en el caso anterior, se ha utilizado como base para la descripción de productos una ontología, que ha tenido que ser también extendida para proporcionar las relaciones correspondientes con las tecnologías representadas en la ontología del dominio de las TIC, y con diferentes mercados, a través del inclusión de los conceptos *gr_ext:technologies* y *gr_ext:market*. Se trata de la ontología “Good Relations”, de la que la Figura 61 muestra la representación de su clase principal. Aparte de la información básica representada por esta clase, la ontología permite representar información de marca, precios, comercialización, etc. pero no permite conocer del ámbito tecnológico ni el mercado de comercialización de un determinado producto.

gr:ProductOrService	
gr:name	rdfs:Literal
gr:description	rdfs:Literal
gr:datatypeProductOrServiceProperty	any
gr:hasEAN_UCC-13	xsd:string
gr:hasGTIN-14	xsd:string
gr:hasGTIN-8	xsd:string
gr:hasStockKeepingUnit	xsd:string
gr:hasMPN	xsd:string
gr:condition	rdfs:Literal
gr:category	rdfs:Literal
gr:color	rdfs:Literal

Figura 61. Clase “ProductOrService” de la ontología de la ontología “Good Relations”⁸⁸

3.7 Sistema semántico

El sistema semántico será el encargado de proporcionar la “inteligencia” a la hora de prestar soporte a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i. El primer paso para ello consiste en incorporar anotaciones semánticas que representan relaciones entre entidades (a partir de sus descripciones textuales) a la ontología del dominio de la gestión de la I+D+i incluida en el repositorio semántico, por medio del módulo de anotación semántica. A continuación el módulo de creación de índices crea los índices necesarios para facilitar el cálculo de similitudes entre instancias de la ontología. Por último el módulo de cálculo de similitud

⁸⁷ <http://www.w3.org/TR/2012/WD-vocab-org-20121023/>

⁸⁸ <http://www.heppnetz.de/ontologies/goodrelations/goodrelations-UML.png>

calcula el grado de similitud entre pares de distintas entidades de la ontología del dominio de gestión de la I+D+i.

La arquitectura del sistema semántico, mostrada en la Figura 62, se basa en la metodología de representación y anotación semántica presentada en la reciente tesis doctoral de Rodríguez-García (2014), analizada en el apartado 1.4.3.1. Aparte de subsanar las carencias funcionales identificadas en dicho apartado, desde el punto de vista de la gestión del conocimiento se incorporan avances algorítmicos en la generación de índices, y a nivel de implementación, suprimiendo la necesidad de contar con un corpus de documentos. Esto se debe a que en el caso de un sistema de gestión de ideas para proyectos de I+D+i, la generación de las mismas se trata de una fase en la que aún no se ha generado documentación, produciéndose interacciones entre usuarios hasta llegar a la definición definitiva de una idea a través de una plataforma colaborativa, al igual que sucede en las fases anteriores del proceso de gestión de la I+D+i. Además, como se ha visto a lo largo del Capítulo 1, la tendencia actual es a no almacenar el conocimiento de las organizaciones en documentos, incluso en fases en las que tradicionalmente se solía hacer, como la gestión de proyectos, sino que la información se genera y gestiona de forma colaborativa en plataformas basadas en redes sociales.

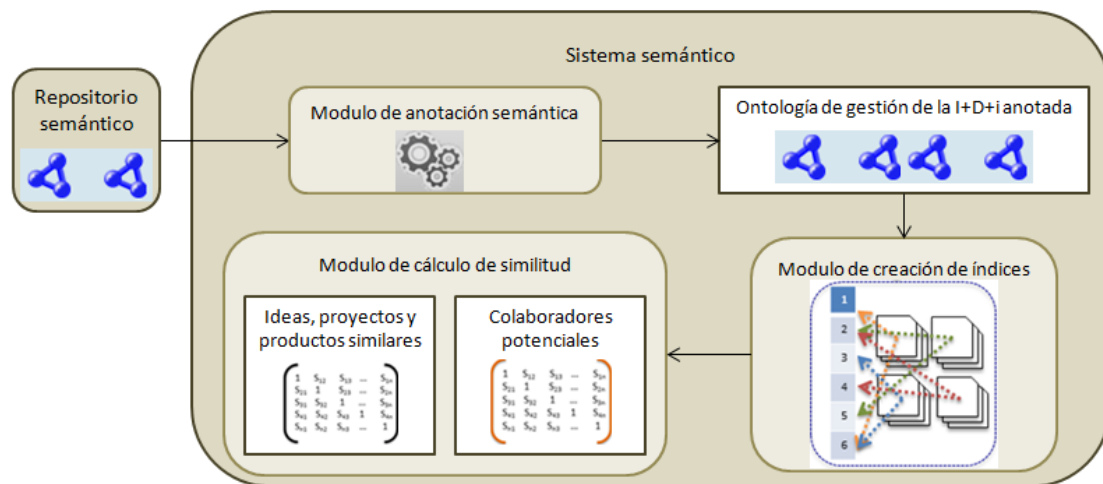


Figura 62. Arquitectura del sistema semántico

A continuación se describen en detalle cada uno de los módulos de la arquitectura del sistema semántico.

3.7.1 Módulo de anotación semántica

Una vez que se ha instanciado la ontología del dominio de la gestión de la I+D+i por medio del sistema de extracción semántica estructurada, el módulo de anotación semántica se utiliza para proporcionar relaciones entre contenidos textuales de propiedades de instancias de dicha ontología con instancias de otras clases del repositorio semántico, a partir del PLN de esta información textual.

Así, por ejemplo, la propiedad *descripción* puede relacionar distintas instancias de la clase *AspectoIdeaProyectoIDi* con una o varias entidades concretas de la ontología del dominio de la Ingeniería del Software, o con un objetivos de I+D+i en la ontología del dominio de la gestión de la I+D+i. Para el caso propuesto en esta tesis doctoral el proceso de anotación semántica estará circunscrito al dominio de la gestión de la I+D+i, vinculando aquellas entidades definidas en la ontología que define esta área de conocimiento con el conjunto de recursos informativos que forman parte de la plataforma de gestión de ideas para proyectos

de I+D+i. En concreto, para poder establecer cada una de las similitudes necesarias identificadas en el apartado 3.7.3, para las funcionalidades de soporte a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i, se anotan semánticamente las instancias de las clases de la ontología del dominio de la gestión de la I+D+i, en base a las propiedades mostradas en la Tabla 31.

Propiedad “descripcion” de la clase
AspectoIdeaProyectoIDiDescripcion, AspectoIdeaProyectoIDiObjetivos, AspectoIdeaProyectoIDiResultadosEsperados, AspectoIdeaProyectoIDiTecnologiasSignificativas, AspectoIdeaProyectoIDiInnovacionTecnica, AspectoIdeaProyectoIDiInnovacionFuncional, AspectoIdeaProyectoIDiPotencialesColaboradores, AspectoIdeaProyectoIDiMercadosObjetivo, ObjetivoIdi, Experiencia, Formacion, AspectoProductoVTICNivelProfundoTecnicoOpcionesTecnológicas, AspectoProductoVTICNivelProfundoTecnicoEvoluciónTecnológicas, AspectoProductoVTICNivelProfundoMercadoNuevosMercados, AspectoProductoVTICNivelProfundoMercadoEvolucionMercado, AspectoProductoVTICNivelProfundoMercadoNecesidadesClientes, AspectoProductoVTICNivelProfundoMercadoNecesidadesMercado, AspectoProductoVTICNivelProfundoTomaDecisionesPropuestaColaboradoresProyectosIDi
Propiedades de la clase doap:Project
doap_ext:objectives, doap_ext:conceptr, doap_ext:ambition, doap_ext:product_impact, doap_ext:market_impact, doap_ext:project_coordinator, doap_ext:project_participant
Propiedades de la clase gr:productOrService
gr:description, gr_ext:technologies, gr_ext:market
Propiedad de la clase org:Organization
org_ext:technologies

Tabla 31. Propiedades a partir de las que se realizan las anotaciones semánticas en la ontología del dominio de la gestión de la I+D+i

Para realizar este procesamiento se ha utilizado la funcionalidad de reconocimiento de entidades de la herramienta GATE, analizada en el apartado 1.3.3.1, la cual se trata de un software de código abierto capaz de resolver casi cualquier problema de procesamiento de texto. Esta herramienta funciona con recursos de contenido, por lo que como paso previo al reconocimiento de entidades se ha hecho uso de la funcionalidad de serialización proporcionada por el OWL-Api (Horridge & Bechhofer, 2011) para el almacenamiento del contenido de las propiedades en ficheros temporales y, posteriormente a la anotación de estos por medio de GATE, se ha procedido a trasladar estas anotaciones a las instancias de la ontología. Por otra parte es necesario resaltar que la anotación no se realiza por términos sino por conceptos, por lo que se han asociado sinónimos (por ejemplo, términos en español y en inglés) para distintos conceptos de la ontología, de forma que cada concepto puede tener diversos términos asociados, compartiendo ambos el mismo identificador utilizado para describir la URI del nodo en la ontología.

GATE necesita la existencia de un diccionario de palabras, denominado “*Gazetteer*” para su funcionamiento. Debido a ello se ha construido un diccionario del ámbito de la gestión de la I+D+i, con los conceptos incorporados en las distintas instancias del repositorio semántico. Además, se ha desarrollado un proceso para incluir automáticamente en dicho diccionario nuevos conceptos que se introduzcan en la ontología, haciendo uso de OWL-Api. A partir de ese diccionario, GATE realiza un procesamiento del texto y anota los conceptos que pertenecen al diccionario, encontrados en dicho texto, con entidades de la ontología. La Tabla 32 muestra los conceptos identificados y anotados (marcados en amarillo) durante este

proceso en algunos campos de la idea para proyecto de I+D+i propuesta como ejemplo en el apartado 2.5.4.1.

<p>Facilitar el tránsito de la empresa hacia desarrollos multiplataforma. Incorporación de tecnologías Big Data en apps. Desarrollo de apps que incluyan servicios de red social. Obtención de una app innovadora multiplataforma. Obtención de financiación en el programa H2020.</p>
<p>App para la recomendación de contenidos multimedia. Interfaz HTML5 que facilitará el desarrollo multiplataforma de nuevos productos, tecnologías para el análisis de grandes cantidades de datos, y para servicios basados en red social reutilizable en futuras apps de la empresa. Adquisición de conocimiento en estas tecnologías para incorporarlos a los productos de la empresa y facilitar seguir innovando en nuevos ámbitos tecnológicos.</p>
<p>De acuerdo con la convocatoria de 2015 del H2020⁸⁹, la creación de contenidos, el acceso, la recuperación y la interacción ofrecen una serie de oportunidades y desafíos, para las industrias creativas y de los medios de comunicación. La idea proporciona una forma optimizada de acceso a los contenidos, y potencia la participación de los usuarios. No se han identificado productos ni proyectos internos o externos con las características propuestas.</p>
<p>Grupo de Investigación en Computación Pervasiva (GICP) de la Universidad Felipe VI (España). Big Data Research Group (BDRG) de la Universidad Gustav II (Suecia). Empresa de Social Media SocMed (UK).</p>

Tabla 32. Ejemplo de conceptos extraídos y anotados en el texto de descripción de una idea

La Figura 63 muestra un ejemplo simplificado de entidades de la ontología con las que GATE anota los conceptos extraídos de los documentos temporales (parte izquierda de la figura), y el resultado del posterior proceso de traslado de esas anotaciones a instancias concretas de la ontología (parte derecha de la figura), es decir, a los elementos de la estructura de una idea para proyecto de I+D+i. Las anotaciones en este ejemplo se han realizado en base a conceptos, incluyendo en algunos los sinónimos, como “app” (sinónimo de “aplicación móvil”).

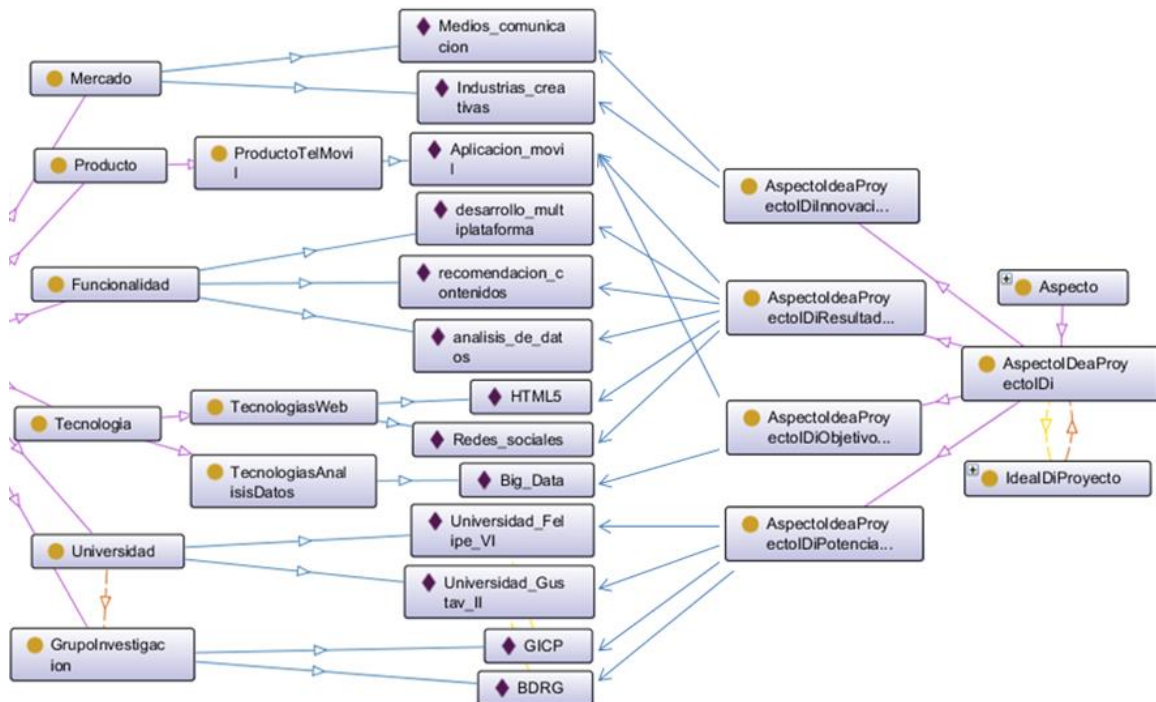


Figura 63. Ejemplo simplificado de anotación de descripción de una idea para proyecto de I+D+i

⁸⁹ <http://ec.europa.eu/research/participants/portal/desktop/en/opportunities/h2020/topics/9085-ict-19-2015.html>

Un buen ejemplo para ilustrar este proceso es el de las tecnologías propias de la organización. En este caso existen varios elementos textuales que han sido anotados. En primer lugar se tienen las entidades *Experiencia* y *Formacion* (que forman parte de su capacitación) de una persona concreta, relacionándose con instancias de la clase *Tecnologia* a partir de las anotaciones realizadas en sus propiedades, pasando a estar relacionadas con una instancia de la clase *Organizacion* mediante un proceso de inferencia semántica. De forma similar ocurriría con las tecnologías de un proyecto (*doap_ext:ambition*) y de un producto (*gr_ext:technologies*) las cuales están relacionados con una o varias organizaciones. Un caso más directo estaría en las tecnologías descritas para una organización (*org_ext:technologies*), en el que, al pertenecer a la clase *org:Organization* no sería necesaria la inferencia semántica.

3.7.2 Modulo de creación de índices

Este módulo crea, a partir de las anotaciones realizadas por el módulo anterior, los índices necesarios para facilitar el cálculo de similitudes entre instancias de la ontología, expresando de manera cuantitativa la importancia de cada uno de esos conceptos como elemento discriminante en dicho cálculo. Para ello se ha utilizado el algoritmo CF-IDF (del inglés “*Concept Frequency – Inverse Document Frequency*”) (Goossen et. Al, 2011) en base a las anotaciones realizadas, el cual devuelve un vector con todos los conceptos y el índice de relevancia de cada uno de ellos. Este algoritmo está basado en TF-IDF (del inglés “*Term Frequency – Inverse Document Frequency*”), un método de ponderación que asigna un peso de relevancia a un término en un documento, y que se utiliza sobre todo en la recuperación de información y en minería de textos. A diferencia de TF-IDF, el algoritmo CF-IDF no tiene en cuenta todos los términos del documento, sino únicamente los conceptos clave, los cuales son en este caso los conceptos anotados en el paso anterior.

3.7.2.1 Algoritmo CF-IDF

En primer lugar el algoritmo CF-IDF calcula la frecuencia de un concepto ($cf_{i,j}$), que es el número de ocurrencias del concepto c_i en un documento d_j (denominado $n_{i,j}$), dividido por el número total de ocurrencias de todos los conceptos en el documento ($n_{k,j}$). La Figura 64 muestra la fórmula matemática correspondiente a este cálculo.

$$cf_{i,j} = \frac{n_{i,j}}{\sum_k n_{k,j}}$$

Figura 64. Cálculo de $cf_{i,j}$ en CF-IDF (Goossen et. Al, 2011)

A continuación se calcula la idf_i , es decir, la frecuencia de aparición del concepto en el conjunto de documentos. Para ello calcula el logaritmo de la división entre el número total de documentos $|D|$ por el número de documentos en los que aparece el concepto c_i . La Figura 65 muestra la fórmula matemática correspondiente a este cálculo.

$$idf_i = \log \frac{|D|}{|\{d : c_i \in d\}|}$$

Figura 65. Cálculo de idf_i en CF-IDF (Goossen et. Al, 2011)

Finalmente se multiplica cf por idf , obteniendo el peso de relevancia del concepto c_i del documento d_j . La Figura 66 muestra la fórmula matemática correspondiente a este cálculo.

$$cf - idf_{i,j} = cf_{i,j} * idf_i$$

Figura 66. Cálculo de $cf-idf_{i,j}$ en CF-IDF (Goossen et. Al, 2011)

Después del proceso de anotación semántica se deben realizar los cálculos necesarios para obtener el valor CF*IDF de cada uno de los documentos. Calculando previamente ambos componentes por separado. Primero el valor CF de manera individual para cada documento y después el valor IDF cada vez que se inserte un nuevo documento. La Tabla 33 muestra los

cálculos de cada uno de estos componentes para el caso del ejemplo presentado en la Tabla 32, destacando la relación entre los conceptos que han sido anotados en los documentos con los valores calculados por cada uno de los componentes (CF e IDF) cuya unión forman el algoritmo CF*IDF.

3.7.2.2 Implementación

Como se ha visto, en la descripción del algoritmo se hace referencia a que los conceptos forman parte de uno o varios documentos. Tal y como se ha explicado en la introducción al sistema semántico, la solución planteada en esta tesis doctoral elude la necesidad de contar con un corpus de documentos, asignándose el vector de pesos directamente en las entidades correspondientes a las propiedades de las instancias de las clases de la ontología para el dominio de la gestión de la I+D+i identificadas en la Tabla 31, las cuales han sido previamente anotadas con los conceptos extraídos, pero sin incluir su peso de relevancia. La Tabla 33 muestra un ejemplo de la anotación pesos de relevancia para algunos de los conceptos extraídos en el ejemplo mostrado en la Tabla 32, en las propiedades de las instancias de distintas clases de la estructura de una idea para proyecto de I+D+i.

Clase	Concepto	CF	IDF	CF*IDF
AspectoIdeaProyectoIDi Objetivos	Aplicación móvil	$3/4 = 0,75$	$\text{Log}(4/2) = 0,3$	0,225
	Universidad Gustav II	$0/4 = 0$	$\text{Log}(4/1) = 0,6$	0
AspectoIdeaProyectoIDi ResultadosEsperados	Aplicación móvil	$2/7 = 0,285$	$\text{Log}(4/2) = 0,3$	0,0855
	Universidad Gustav II	$0/7 = 0$	$\text{Log}(4/1) = 0,6$	0
AspectoIdeaProyectoIDiI nnovacionFuncional	Aplicación móvil	$0/2 = 0$	$\text{Log}(4/2) = 0,3$	0
	Universidad Gustav II	$0/2 = 0$	$\text{Log}(4/1) = 0,6$	0
AspectoIdeaProyectoIDiP otencialesColaboradores	Aplicación móvil	$0/4 = 0$	$\text{Log}(4/2) = 0,3$	0
	Universidad Gustav II	$1/4 = 0,25$	$\text{Log}(4/1) = 0,6$	0,075

Tabla 33. Ejemplo de cálculo de CF-IDF en los aspectos de definición de una idea para proyecto de I+D+i

Otro avance propuesto respecto a la metodología tomada como base para el diseño del sistema semántico (Rodríguez García, 2014) consiste en la creación y mantenimiento automático de una estructura de datos en la que se almacena el número de apariciones de cada concepto en cada una de las instancias de la ontología (*[concepto | entidad | número de apariciones]*). De esta forma, cada vez que se actualiza la información de una de ellas o se introduce (o elimina) una instancia se procede a recalcular los pesos de los conceptos involucrados, eliminando la necesidad de realizar actualizaciones temporales de todos los cálculos para actualizar semánticamente la estructura ontológica.

3.7.3 Módulo de cálculo de similitud

En este módulo se calcula el grado de similitud entre pares de distintas entidades de la ontología del dominio de gestión de la I+D+i. Para proporcionar cada una de las funcionalidades de soporte a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i explicadas en el apartado 3.2, en base a la relación entre los aspectos de la definición de una idea, los criterios de evaluación de la misma, y las relaciones con entradas de otras actividades de la gestión de la I+D+i mostradas en el Capítulo 2, ha sido necesario calcular una serie de similitudes entre pares de instancias de las clases del repositorio semántico.

En la mayoría de los casos dos instancias de clases distintas no son comparables en su totalidad, pues en distintas propiedades, o en distintos componentes de su estructura semántica (subclases, relaciones, etc.) se refleja información de distinta naturaleza. Por ello, a

la hora de calcular la similitud entre dos instancias de clases distintas, se ha procedido a calcular similitudes parciales entre dimensiones comparables física y lógicamente, para posteriormente establecer la similitud global en base a pesos establecidos para cada una de las comparaciones parciales. Además existen casos en los que no es suficiente con comparar instancias (o elementos de su estructura semántica) de la misma clase, como puede ser la comparación entre ideas y proyectos o productos o, por ejemplo, entre un aspecto de la descripción de una idea con uno o varios aspectos de la definición de productos de VT/IC.

Las tres dimensiones utilizadas para los distintos cálculos de similitud realizados son: (i) valores de las propiedades de tipo “datatype properties”; (ii) relaciones, o propiedades del tipo “Object properties”; y (iii) índices de relevancia de anotaciones realizadas en el proceso de anotación semántica.

A continuación se proporciona una explicación de los pares de similitudes calculados, en relación a cada uno de los criterios de evaluación de una idea para un proyecto de I+D+i (el soporte a la generación de ideas para proyectos de I+D+i también estará guiado por la potencial evaluación de las mismas). En el apartado 3.7.3.5 se explica cómo se han utilizado algunos de los resultados de estos cálculos de similitud en la comparación entre ideas para proyectos de I+D+i.

3.7.3.1 Cálculos de similitud en el soporte semántico a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i

En primer lugar, de cara prestar soporte inteligente a la evaluación del alineamiento de una idea con los objetivos de I+D+i ha sido necesario calcular la similitud entre objetivos de I+D+i, a partir de instancias de las clases *ObjetivoIDi* y *AspectoIdeaProyectoIDiObjetivos*.

Por otra parte, como soporte a la evaluación del nivel de novedad de una idea se han establecido una serie de comparaciones de similitud. La Tabla 34 y la Tabla 35 reflejan las entidades involucradas en los cálculos de similitud parciales necesarios para establecer la similitud entre ideas y proyectos de I+D+i, y entre ideas y productos.

Estructura semántica de la clase doap:Project	Entidad
doap_ext:objectives	AspectoIdeaProyectoIDiResultadosEsperados
doap_ext:concep	AspectoIdeaProyectoIDiDescripcion
doap_ext:ambition	AspectoIdeaProyectoIDiInnovacionTecnica, AspectoIdeaProyectoIDiTecnologiasSignificativas
doap_ext:product_impact	AspectoIdeaProyectoIDiInnovacionFuncional
doap_ext:market_impact	AspectoIdeaProyectoIDiMercadosObjetivo
doap_ext:project_coordinator, doap_ext:project_participant	AspectoIdeaProyectoIDiPotencialesColaboradores

Tabla 34. Entidades comparadas para establecer la similitud entre ideas y proyectos de I+D+i

Estructura semántica de la clase gr:ProductOrService	Entidad
gr:description	AspectoIdeaProyectoIDiResultadosEsperados, AspectoIdeaProyectoIDiDescripcion
gr_ext:technologies	AspectoIdeaProyectoIDiTecnologiasSignificativas
gr_ext:market	AspectoIdeaProyectoIDiMercadosObjetivo

Tabla 35. Entidades comparadas para establecer la similitud entre ideas y productos

Como parte del soporte a la evaluación del nivel de novedad de una idea, también se han establecido cálculos de similitud entre ideas, en base a los distintos elementos involucrados en su definición que son relevantes para el proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i (descripción, objetivos, resultados esperados, tecnologías significativas, innovación técnica, innovación funcional, potenciales colaboradores y mercados objetivo).

Por otra parte se ha calculado la similitud entre los apartados “tecnologías más significativas” e “innovación técnica” de la idea con los aspectos “opciones tecnológicas” y “evolución de tecnologías” de los productos de VT/IC de nivel profundo de análisis, para prestar soporte a la evaluación de la viabilidad técnica de una idea. También se calculan las similitudes entre las tecnologías de la idea propuesta y las de la propia organización (obtenidas de las competencias del personal de I+D+i, y tecnologías de los proyectos de la organización) y de las organizaciones identificadas como potenciales colaboradoras (obtenidas de las tecnologías de los proyectos de las organizaciones). Estos cálculos permiten identificar la capacidad tecnológica, tanto de la organización, como de organizaciones identificadas como potenciales colaboradoras, en relación a las tecnologías propias de la idea.

Por último, como soporte a la evaluación de la viabilidad económica de una idea, se tiene también en cuenta la similitud de la misma con productos (Tabla 35) existentes, proporcionando entidades que son potenciales competidoras a partir de este cálculo de similitud, y con ideas anteriores (proporcionado a partir de ellas la información de la explotación de los proyectos correspondientes, si las ideas se han transformado finalmente en proyectos de I+D+i). Además, se identifican las similitudes entre los mercados potenciales identificados en la idea y los aspectos de mercado de los productos de VT/IC. En total, como soporte a la evaluación de la viabilidad económica de una idea, se han establecido las siguientes comparaciones de similitud adicionales, expresadas en la Tabla 36.

Entidad	Entidad
AspectoProductoVTICNivelProfundoMercadoNuevosMercados, AspectoProductoVTICNivelProfundoMercadoEvolucionMercado	AspectoIdeaProyectoIDiMercadosObjetivo AspectoIdeaProyectoIDiInnovacionFuncional
AspectoProductoVTICNivelProfundoMercadoNecesidadesClientes, AspectoProductoVTICNivelProfundoMercadoNecesidadesMercado	AspectoIdeaProyectoIDiResultadosEsperados AspectoIdeaProyectoIDiInnovacionFuncional

Tabla 36. Entidades comparadas para proporcionar soporte a la evaluación de la viabilidad económica de una idea

A continuación se explica cómo se realizan los cálculos de similitud entre pares de propiedades, a partir de los cuales se calcula la similitud global entre entidades en base a la ponderación asignada a cada uno de los pares que forman parte de ella.

3.7.3.2 Cálculos parciales de similitud

Para calcular la similitud entre el valor de dos propiedades de tipo textual de dos instancias, se ha utilizado un algoritmo de cálculo de similitud entre cadenas de texto. En fases posteriores al soporte a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i también sería necesario el cálculo de similitud entre valores numéricos, ya que a partir de esta fase entra en juego otro tipo de información, como presupuestos de proyectos, rendimiento de los mismos, etc.

Este cálculo es necesario como paso previo en los casos en los que es necesario calcular la similitud entre instancias (de la misma o de distintas clases) de la ontología. Además, en estos casos también existen otros valores a tener en cuenta de cara a realizar esta comparación, como son las similitudes entre relaciones de cada instancia y entre sus índices semánticos.

A continuación se explican los algoritmos utilizados en cada caso. En todos los casos identificados entran en juego estas tres dimensiones, excepto en el caso cálculo de similitud entre las tecnologías relacionadas con el aspecto de descripción de tecnologías significativas de una idea, y las relacionadas con una organización. En este caso sólo se tiene en cuenta la dimensión de relaciones, y contabilizando solamente las relaciones con entidades de las clases *Tecnología* y *Proyecto*.

Similitud entre cadenas de texto

El algoritmo implementado para calcular el grado de similitud entre dos cadenas de texto ha sido el algoritmo de Levenshtein. Como muestra la Figura 67, este algoritmo se calcula restándole a la unidad el cociente entre la distancia Levenshtein y la longitud de la mayor de las dos cadenas comparadas, siendo la distancia Levenshtein el mínimo número de ediciones necesarias para transformar una cadena en la otra.

$$Similitud_texto = 1 - \frac{(distancia_Levenshtein(atributo1, atributo2))}{Máxima_longitud(atributo1, atributo2)}$$

Figura 67. Fórmula para el cálculo de similitud entre cadenas de texto por el algoritmo de Levenshtein

Este cálculo devuelve un valor entre 0 y 1, y se aplica a las propiedades identificadas en la Tabla 31, en los casos en los que se necesita realizar comparaciones entre dos cadenas de texto.

3.7.3.3 Similitud entre relaciones

Cada instancia de una ontología puede relacionarse con otras a través de las propiedades del tipo “object properties”, denominándose “dominio” al conjunto de todas las relaciones de una instancia determinada. La similitud entre relaciones de dos instancias se calcula mediante el cociente de la intersección del dominio de ambas (número de relaciones comunes), y el tamaño máximo de los dos dominios (número de relaciones que tiene la instancia más relacionada), como se muestra en la Figura 68.

$$Similitud_relación = \frac{intersección(dominio1, dominio2)}{Máxima_longitud(dominio1, dominio2)}$$

Figura 68. Similitud entre relaciones

Este cálculo devuelve un valor entre 0 y 1.

3.7.3.4 Similitud entre los índices semánticos

Para calcular la similitud entre los índices semánticos de dos instancias calculados a través del algoritmo CF-IDF se ha utilizado el cálculo de comparación entre los dos vectores de pesos de relevancia correspondientes a cada una de ellas, a través de la ecuación denominada “similitud del coseno” (Goossen et. Al, 2011).

Esta ecuación se muestra en la Figura 69, y calcula la proximidad angular entre los dos vectores (V1 y V2).

$$\cos \theta = \frac{V1 * V2}{\sqrt{|V1|} \sqrt{|V2|}}$$

Figura 69. Función del coseno para el cálculo de similitud entre índices semánticos

La parte superior de la fórmula representa el producto escalar entre ambos vectores, mientras que la parte inferior calcula el producto de las raíces cuadradas de los sumatorio de los componentes de los vectores V1 y V2. Como resultado se obtiene un número entre 0 y 1. El coseno de este número establece el grado de similitud entre ambos vectores. Si este valor es 0, entonces los dos vectores son ortogonales, lo cual significa que no existen coincidencias entre los índices semánticos de las dos instancias. Sin embargo, si el valor es cercano a 1, implica un alto grado de coincidencia entre ambos índices, ya que el ángulo de los dos vectores es mínimo.

3.7.3.5 Ejemplo de cálculo de similitud

A continuación se muestra un ejemplo de cómo se calcula la similitud entre dos ideas para proyectos de I+D+i. Para este ejemplo se ha utilizado una versión simplificada de la descripción de dos ideas, incluyendo los campos “título”, “descripción”, “objetivos”, “tecnologías significativas”, “potenciales colaboradores” y “mercado objetivo”. En las tablas Tabla 37 y Tabla 38 se muestran las dos ideas que van a ser comparadas.

Campo	Valor
Título	Sistema predictivo para ingeniería del software
Descripción	El proyecto consiste en el desarrollo de un módulo predictivo para la suite ALM MyALM. Dicho sistema permitirá predecir en fases tempranas la situación de los proyectos y su proyección a futuro para poder tomar las medidas preventivas y/o correctivas correspondientes. Los principales aspectos sobre los que se pretende hacer predicciones y conocer la situación son: grado de avance, desviaciones en esfuerzo, plazos y costes.
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> - Detectar en fases tempranas proyectos con probabilidades de tener problemas en su ejecución para poder tomar medidas preventivas. - Realizar comparativas entre proyectos para identificar las áreas prioritarias de mejora. - Identificar centros de desarrollo con mejor o peor productividad. - Realización de estimaciones más precisas y fiables
Tecnologías significativas	<ul style="list-style-type: none"> - Big Data - Tecnologías de consistencia de datos - Interfaz de Programación de Aplicaciones - Métricas de ingeniería del software - Data Mining
Potenciales colaboradores	<ul style="list-style-type: none"> - Yahoo - Isoco - Havas Media Group - Playence - Fractalia
Mercado objetivo	ALM ⁹⁰

Tabla 37. Extracto de la idea titulada " Sistema predictivo para ingeniería del software"

⁹⁰ Del inglés “*Application lifecycle management*”

Campo	Valor
Título	Desarrollo de servicios innovadores a través de ingeniería del software
Descripción	Incorporación en la suite MyALM de capacidades para la automatización del desarrollo de productos innovadores. Para ello se integrarán metodologías de innovación con metodologías de desarrollo de SW, y se desarrollarán herramientas para facilitar dicha integración. También se creará una metodología y se desarrollarán herramientas para la mejora de la colaboración en las distintas fases del desarrollo, involucrando a clientes y usuarios finales. Además se mejorará la compartición y gestión del conocimiento y se aprovecharán al máximo las capacidades del cloud computing y del Internet de las cosas, de cara al desarrollo de servicios innovadores.
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> - Mejorar el grado de innovación de los productos software a desarrollar. - Mejorar la comunicación en los equipos de ingeniería del software y en particular en los equipos de desarrollo. - Mejorar la gestión del conocimiento en ingeniería del software. - Mejorar el rendimiento de procesos y las capacidades predictivas. - Automatizar el desarrollo de servicios para el Internet de las cosas (IoT⁹¹). - Automatizar la migración de servicios en la nube.
Tecnologías significativas	<ul style="list-style-type: none"> - Tecnologías de representación del conocimiento. - Tecnologías para el descubrimiento de servicios - Tecnologías de consistencia de datos - Interfaz de Programación de Aplicaciones - Métricas de ingeniería del software - Internet de las cosas - Minería de datos
Potenciales colaboradores	<ul style="list-style-type: none"> - Sadiel - Isoín - Dinamic Area - Isoco - Grupo Alarcos de la UCLM
Mercado objetivo	ALM Internet de las cosas

Tabla 38. Extracto de la idea titulada " Desarrollo de servicios innovadores a través de ingeniería del software"

El primer campo que se compara en las ideas es *Título*. Para este atributo, al ser una cadena de texto, la comparación que se realiza se basa en el cálculo de similitud entre cadenas de texto que utiliza la distancia de Levenshtein. La distancia de Levenshtein entre las cadenas “Sistema predictivo para ingeniería del software” y “Desarrollo de servicios innovadores a través de ingeniería del software” es de 44. El máximo tamaño de la cadena es 77 caracteres con lo que se obtiene una similitud final para la propiedad *título* de 0,429. Por lo tanto esas propiedades son similares en un 42,9%.

La comparación de los campos *Descripción* y *Objetivos* se realiza mediante el cálculo de similitud entre sus índices semánticos. En las tablas Tabla 37 y Tabla 38 se muestran resaltados los conceptos anotados en esa descripción. Como se puede observar no existen prácticamente conceptos en común entre ambas ideas, por lo que la similitud en estos campos es cercana a 0.

⁹¹ Del inglés “*Internet of Things*”

El campo *Tecnologías significativas* muestra un listado de tecnologías, y se compara utilizando el cálculo de la similitud entre relaciones. Como podemos observar en este campo existen 3 tecnologías en común (“Tecnologías de consistencia de datos”, “Interfaz de Programación de Aplicaciones” y “Métricas de ingeniería del software”) y, además, en la primera idea aparece el término “Data mining” y en la segunda idea “Minería de datos”. Estos dos términos son sinónimos y hacen referencia al mismo concepto en la ontología por lo que esta tecnología también es común a ambas ideas. Por lo tanto existen 4 tecnologías en común entre las dos ideas y la segunda idea tiene un total de 7 (cardinalidad máxima) tecnologías identificadas. Por esto la similitud para este campo es de 0,571.

Los dos siguientes campos (*Potenciales colaboradores* y *Mercado objetivo*) se comparan también utilizando el cálculo de la similitud entre relaciones. Más concretamente, el campo *potenciales colaboradores* tiene en común sólo una entidad y la cardinalidad máxima de esta propiedad es de 5 por lo que la similitud entre estos campos es de 0,20. Por último, en el campo *mercado objetivo* existe un mercado en común y la cardinalidad máxima es de 2, por lo que la similitud es de un 0,5.

En la Tabla 39 se muestra un resumen de las similitudes detectadas entre las dos ideas.

Campo	Similitud
Título	0,429
Descripción	0
Objetivos	0
Tecnologías significativas	0,571
Potenciales colaboradores	0,2
Mercado objetivo	0,5

Tabla 39. Similitud entre las ideas.

Como se ha comentado anteriormente para el valor final de similitud se pueden ponderar cada uno de los valores obtenidos en los campos. Por ejemplo, si suponemos que todos los campos tienen la misma importancia, obtendríamos que la similitud entre ambas ideas es de un 28,33%.

3.7.4 Conclusiones

En el presente capítulo se ha plasmado el modelo para la gestión de la I+D+i propuesto en el Capítulo 2 en una plataforma online de gestión de ideas para proyectos de I+D+i. Además se han integrado en dicha plataforma las tecnologías semánticas necesarias para proporcionar el soporte inteligente al proceso de gestión de ideas, de forma integrada con el resto de procesos del SiGIDi.

En primer lugar se ha proporcionado un ejemplo completo del funcionamiento de la plataforma desarrollada, mostrando su utilidad en el soporte, tanto a cualquier miembro de la organización a la hora de proponer una nueva idea, como a los gestores de la I+D+i en el momento de su evaluación. Para ello se ha demostrado como la plataforma proporciona la información relevante correspondiente a todos los procesos del SiGIDi relacionados con la gestión de ideas para proyectos de I+D+i (tal y como se especifican en el apartado 2.5.4), con los enlaces correspondientes para permitir la profundización en dichas informaciones y tener todo el conocimiento necesario para poder mejorar (o desestimar) una idea, y para la evaluación de las ideas definitivas.

Como base de las tecnologías semánticas desarrolladas, en primer lugar, se ha desarrollado una ontología del dominio de la gestión de la I+D+i, a partir del modelo propuesto. Se han mostrado los principales conceptos, taxonomías y relaciones, haciendo especial hincapié en ilustrar la estructura ontológica correspondiente a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i. Esta ontología se ha integrado dentro de un repositorio semántico en el que se modela el conocimiento correspondiente a los dominios de las TIC y de la ingeniería del software. Para ello se ha desarrollado un proceso de extracción de información de la Wikipedia y se ha integrado un conjunto de ontologías ampliamente aceptadas para habilitar el intercambio de conocimiento con otros sistemas de forma estandarizada.

A partir de esta ontología se han desarrollado dos sistemas para habilitar el soporte semántico al proceso de gestión de ideas. El primero de ellos es el “sistema de extracción semántica estructurada”, el cual permite poblar y anotar de forma automática la estructura ontológica a partir de la BD de la plataforma online. La principal aportación respecto a la metodología de integración semántica tomada como base (Miñarro Giménez, 2012) es la posibilidad de realizar las operaciones de extracción y anotación a partir de tablas en las que se encuentran conjuntamente columnas descriptivas y columnas que relacionan distintas tablas. Esto es esencial de cara a soportar el modelo propuesto para la gestión de la I+D+i, donde tanto los campos de descripción de las ideas, como sus criterios de evaluación deben poder ser ampliados de acuerdo con las estrategias, distintas y cambiantes en el tiempo, de cada organización.

El segundo sistema desarrollado es el denominado “sistema semántico”, en el cual se encarga de proporcionar el soporte inteligente a la plataforma de gestión de ideas para proyectos de I+D+i, a partir del conocimiento modelado. Para ello se han desarrollado los módulos que permiten: incorporar de forma automática anotaciones semánticas que representan relaciones entre entidades, la creación de índices necesarios para facilitar el cálculo de similitudes entre distintas instancias de la ontología, y el cálculo de dichas similitudes a partir de estos índices. Las principales aportaciones sobre la metodología de anotación semántica tomada como base (Rodríguez-García, 2014), radican en: (i) la habilitación de mecanismos para la incorporación de la información (referente tanto a las ideas para proyectos de I+D+i, como del resto de procesos relacionados) de forma online, evitando la necesidad de introducir documentos en la plataforma; y (ii) la agilización del proceso de creación de índices, realizando únicamente los cálculos necesarios cada vez que se crea, elimina o modifica una instancia de la ontología, en lugar de tener que ejecutar un costoso proceso *batch* que lleve a cabo los cálculos correspondientes a todas las entidades de la ontología. Gracias a estas aportaciones se habilita la posibilidad de la generación colaborativa online de las ideas, se mejora la precisión en los cálculos de similitud (al mantener siempre actualizados los índices), y se optimizan tanto el rendimiento del sistema como los recursos computacionales que éste requiere.

Capítulo 4. Validación en un entorno empresarial

4.1 Introducción

Como se ha explicado en el Capítulo 3, la investigación realizada en la presente tesis doctoral se ha focalizado en proporcionar soporte inteligente al proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i. Una vez validados los desarrollos tecnológicos realizados y demostrada su utilidad, este soporte inteligente sería fácilmente extensible al resto de procesos de la gestión de la I+D+i, de acuerdo con el modelo propuesto en el Capítulo 2.

En el presente capítulo se describe, en el apartado 4.2, el entorno de validación de la plataforma desarrollada para la gestión de ideas para proyectos de I+D+i, integrada con la plataforma semántica correspondiente para proporcionar el soporte inteligente, descritas en el Capítulo 3. Así mismo se describe la metodología empleada para realizar dicha validación.

En el apartado 4.3 se describen los casos diseñados para la validación de las ideas descritas en el apartado 4.4. En el apartado 4.5 se proporcionan los datos correspondientes a los resultados de dicha validación. Por último, en el apartado 4.6 se desarrolla la discusión acerca de las validaciones llevadas a cabo.

4.2 Metodología y entorno de validación

Los desarrollos tecnológicos a validar, como se ha descrito en el Capítulo 3, proporcionan soporte inteligente a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i. Para ello se ofrece a los distintos tipos de usuarios una pre-evaluación de las ideas introducidas, tanto en la fase de generación (como soporte a la persona que contribuye con una idea para un proyecto de I+D+i), como en la de evaluación (como soporte al gestor de I+D+i encargado de evaluar las ideas que se potencialmente se transformarán en proyectos de I+D+i).

Para ello se proporcionan una serie de similitudes, tanto de la idea como de cada una de sus secciones con otras ideas y con distintos elementos del SiGIDi. A partir de los resultados obtenidos se ha hecho uso de la experiencia en gestión de la I+D+i y del conocimiento en las áreas temáticas de los proyectos de la organización, comprobando la validez real de las distintas similitudes proporcionadas.

La validación ha consistido en la ejecución de la funcionalidad de soporte a la gestión de ideas para cada una de las ideas disponibles, una vez todas ellas han sido introducidas en la plataforma, obteniendo la información correspondiente a las similitudes proporcionadas, tal y como se mostró en el apartado 3.2. A partir de estas ejecuciones se han obtenido los datos correspondientes a dichas similitudes, evaluando su validez, y analizando los resultados obtenidos.

Como se ha explicado en el apartado 3.2, es posible establecer distintos umbrales a la hora de buscar similitudes, ya que, dependiendo del tipo de similitud requerida y de la estrategia que siga el gestor de la I+D+i, se precisarán umbrales más altos o más bajos. Como se explica en el apartado 4.3, se han establecido distintos umbrales de similitud para cada caso de validación.

4.2.1 Entorno de validación

La validación se ha realizado en base a información real de un departamento de innovación de una multinacional española. Este departamento ha desarrollado su actividad desde 2006, por lo que para la validación se cuenta con información de los diez últimos años.

Las actividades de innovación en el departamento en cuestión, en un principio no estaban orientadas a una temática concreta, centrándose dichas actividades en el desarrollo de activos tecnológicos aplicables a distintas áreas de la organización. A partir del año 2010 este departamento se integró en el área de Ingeniería del Software de la empresa, por lo que sus proyectos se orientan desde entonces fundamentalmente a esta temática, además de a tecnologías para la gestión de la I+D+i, y a proporcionar soporte a mercados de la organización cuando estos lo requieren. Esta heterogeneidad en los proyectos de la organización en distintos años agrega riqueza a la validación a realizar, ya que permite contar con un amplio conjunto de información diversa para validar la efectividad de los resultados proporcionados por la plataforma.

El departamento en cuestión cuenta con un SiGIDi implantado y certificado también desde 2010. Esto permite disponer de información real correspondiente a todos los procesos del SiGIDi, lo cual es también una importante ventaja a la hora de llevar a cabo la validación. Debido a que no se cuenta con ideas registradas anteriores a 2010, para realizar dicha validación se ha introducido en la plataforma la información relativa a todos los proyectos y propuestas de I+D+i de 2006 a 2009 en forma de ideas, siguiendo el formato para su descripción especificado en los apartados 2.5.4.1 y 3.2. Además se ha introducido la información relativa a ideas, transformadas o no en proyectos de I+D+i, desde que están se empezaron a registrar en el SiGIDi, en 2010.

Por otro lado en los últimos dos años la organización ha empezado a realizar actividades de VT/IC en línea con las normativas de referencia (AENOR, 2011). En este sentido el hecho de contar con información relativa a productos, proyectos de I+D+i externos, mercado, etc. con dos años de antigüedad se considera no sólo suficiente, sino lo más adecuado, ya que la información más antigua desvirtúa dicho proceso, al no estar acorde con las tendencias tecnológicas y de mercado actuales.

La organización cuenta con dos áreas de VT/IC, en línea con sus objetivos de I+D+i: (i) ingeniería del software, y (ii) gestión de la I+D+i. Los proyectos de I+D+i externos que se recogen en el proceso de VT/IC son principalmente proyectos europeos de los programas FP7 y H2020 (en la línea de TIC), ya que se considera que este tipo de proyectos son los que marcan las tendencias, tanto tecnológicas como temáticas, en el ámbito de la investigación.

Como productos más destacados en el área de VT/IC de ingeniería del software la organización ha identificado: (i) las tres principales suites de desarrollo, las cuales incluyen como opciones más avanzadas utilidades para su uso en la nube y un limitado soporte a DevOps⁹², pero no publicitan otros aspectos como soporte a IoT, o interacción avanzada; (ii) las herramientas de desarrollo más innovadoras, las cuales se centran en la codificación de aplicaciones de escritorio y Web, y una de ellas está alojada en la nube, proporcionando su funcionalidad en modo SaaS; (iii) herramientas de testing, las cuales tienen como característica más avanzada, en algunos casos, las pruebas de apps móviles, pero no de

⁹² Del inglés “*Development and Operations*”

aplicaciones Big Data, o de IoT; y (iv) herramientas que incluyen gamificación, principalmente para mejorar el aprendizaje en lenguajes de programación.

Como productos más destacados en el área de VT/IC de gestión de la I+D+i la organización ha identificado: (i) herramientas de gestión de la innovación, las cuales en su mayoría se limitan a la gestión de ideas y no están integradas con el resto de procesos de un SiGIDi; (ii) herramientas de VT/IC, las cuales, en mayor o menor medida están alineadas con la norma de referencia (AENOR, 2011); y (iii) herramientas de creatividad, las cuales se centran en el soporte a la generación de ideas, en algunos casos de forma colaborativa.

Otra información relevante dentro del proceso de VT/IC para la validación de la plataforma son las tendencias tecnológicas y de mercado. A continuación se exponen de forma resumida las tendencias identificadas por la organización en la última revisión del sistema:

- Tendencias tecnológicas en el área de ingeniería del software: Cloud Computing, Big Data, IoT, movilidad.
- Tendencias tecnológicas en el área de gestión de la I+D+i: Web Semántica, tecnologías colaborativas, gamificación, movilidad.
- Tendencias de mercado en el área de ingeniería del software: DevOps, agilidad, sistemas complejos, interconexión entre procesos, calidad del producto software.
- Tendencias de mercado en el área de gestión de la I+D+i: gestión de ideas, innovación abierta, VT/IC, gamificación.

Como se aprecia, pueden darse casos en los que una tendencia tecnológica lo es a su vez mercado, como es el caso de la gamificación, que aparte de ser un área tecnológica, también es un nicho de mercado.

Respecto a las tecnologías propias de la organización, como se ha explicado en el apartado 3.2, estas se deducen a partir de la capacitación de los recursos de I+D+i y de los proyectos anteriormente ejecutados por la organización. En este punto hay que tener en cuenta que no todas las ideas que se detallan en el apartado 4.4 se han convertido en proyectos de I+D+i y, que en algunos de los casos en los que así fue, varios aspectos tecnológicos de los proyectos resultantes fueron desarrollados por organizaciones colaboradoras en los mismos. De esta forma las tecnologías propias de la organización inferidas por la plataforma son las siguientes: inteligencia artificial, middleware de comunicaciones, Web Semántica, GIS⁹³, computación móvil, realidad aumentada, Cloud Computing, interacción natural, Big Data y gamificación.

En relación a los potenciales colaboradores, solamente existen colaboradores registrados desde 2010, año en el que se implantó el SiGIDi en la organización. La organización ha registrado aquellos con los que se ha colaborado estrechamente en actividades de I+D+i (principalmente en proyectos), por lo que se dan casos en los que existen colaboradores potenciales identificados en ideas que no encuentran registrados y otros casos en los que se han registrado colaboradores en un proyecto que no se encontraban en la lista de potenciales colaboradores en el momento de proponer la idea. El registro de colaboradores consiste en una evaluación de su participación en los proyectos y de la transferencia tecnológica realizada, por lo que puede suceder que un colaborador potencialmente identificado como

⁹³ Del inglés “*Geographic Information System*”

necesario para desarrollar un tipo de tecnología en realidad no quede registrado asociado a ella, si no lo ha demostrado en la ejecución de algún proyecto.

A continuación se especifican los casos de validación llevados a cabo en el marco del entorno y metodología de validación explicados.

4.3 Casos de validación

En base a lo especificado en el apartado anterior, y a la descripción de la plataforma de soporte a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i y a los cálculos necesarios de similitudes entre entidades proporcionados en el Capítulo 3, se han definido los siguientes casos de validación de dicha plataforma (integrada con la plataforma tecnológica para el soporte semántico).

Caso de validación 1: similitud entre ideas y objetivos de I+D+i

Con este caso se valida la similitud entre cada una de las ideas para proyectos de I+D+i (en base al apartado “objetivos” de su descripción) de los distintos años y los objetivos de I+D+i actuales. Es de prever que los resultados proporcionen menos similitudes en las ideas más antiguas, ya que los objetivos de I+D+i deben ser conocidos por toda la organización y pueden evolucionar en el tiempo hacia nuevas áreas de interés para la organización.

En este caso se ha establecido un umbral de similitud medio, para evitar que se identifiquen alineaciones con objetivos de I+D+i erróneas, pero asegurándose que no se producen falsos negativos.

Caso de validación 2: similitud entre ideas

Se valida la similitud entre cada una de las ideas para proyectos de I+D+i con el resto de ideas registradas. Es de prever que se obtengan más similitudes entre ideas cercanas en el tiempo, por la misma razón expuesta en el caso de validación anterior. El cálculo de similitud se realiza de forma similar a la explicada en el ejemplo proporcionado en el apartado 3.7.3.

En este caso se ha establecido un umbral de similitud alto para evitar que se sature al gestor de la I+D+i con similitudes poco relevantes.

Caso de validación 3: similitud entre ideas y proyectos de I+D+i

Con este caso se valida la similitud entre cada una de las ideas para proyectos de I+D+i de los distintos años y los proyectos de I+D+i identificados en los productos de nivel medio de análisis de VT/IC. También se espera que los resultados proporcionen menos similitudes en las ideas más antiguas, por los motivos expuestos en los casos anteriores y porque la VT/IC debe evolucionar en la misma dirección que los objetivos de I+D+i.

Los resultados obtenidos en este caso de validación dependen no sólo de la descripción de la idea, sino también de los contenidos que se pueden obtener del proceso de VT/IC, los cuales se han explicado en el apartado 4.2.

En este caso se ha establecido un umbral de similitud bajo, para identificar proyectos de I+D+i que coincidan en algún aspecto con las ideas propuestas, aunque la idea pueda contemplar aspectos funcionales o tecnológicos adicionales.

Caso de validación 4: similitud entre ideas y productos

Se valida la similitud entre cada una de las ideas para proyectos de I+D+i de los distintos años y los productos identificados en los productos de nivel medio de análisis actuales de VT/IC. Se trata de un caso de validación equivalente al anterior.

Al igual que en el caso anterior, los resultados obtenidos en este caso de validación se verán influenciados por los contenidos registrados en el proceso de VT/IC. Se ha establecido un umbral de similitud bajo para poder obtener similitudes, ya que normalmente las ideas para proyectos de I+D+i, sobre todo en la línea de ingeniería del software, presentan claras diferencias respecto a los productos existentes, con el objetivo de poder ser financiadas.

Caso de validación 5: similitud entre ideas y tecnologías propias de la organización

Se valida la similitud entre cada una de las ideas para proyectos de I+D+i (en base al apartado “tecnologías más significativas” de su descripción) de los distintos años y las tecnologías propias de la organización en el momento actual (a partir de la información de los procesos de “recursos de I+D+i” y de “gestión integrada de la cartera de proyectos de I+D+i”). Como en los casos anteriores, se espera que los resultados proporcionen menos similitudes en las ideas más antiguas, ya que las tecnologías de la organización evolucionan en la misma dirección que los objetivos de I+D+i y los nuevos proyectos emprendidos por la misma.

El umbral establecido ha sido medio. Sin embargo este dato es irrelevante, ya que la búsqueda de similitudes en este caso es un proceso prácticamente inmediato, pues se trata de la comprobación de las tecnologías identificadas en la organización y en la idea. La dificultad, por lo tanto, reside en la deducción previa necesaria para la identificación de las tecnologías propias de la organización a partir de la información de los procesos de “recursos de I+D+i” y de “gestión integrada de la cartera de proyectos de I+D+i”.

Caso de validación 6: similitud entre ideas y tecnologías de los potenciales colaboradores

En este caso se valida la similitud entre cada una de las ideas para proyectos de I+D+i (en base al apartado “tecnologías más significativas” de su descripción) de los distintos años y las tecnologías asociadas a las organizaciones identificadas como potenciales colaboradoras en el momento actual (a partir de la información del proceso de “colaboración” y del apartado “principales organizaciones” de los productos de VT/IC). Como en los casos anteriores, se espera que los resultados proporcionen menos similitudes en las ideas más antiguas. Además, hay que tener en cuenta, que la plataforma sólo cuenta con información de colaboradores desde 2010, desde la implantación del SiGIDi.

La forma de encontrar similitudes en este caso es similar al anterior. Aquí la plataforma infiere las tecnologías de cada organización en base a sus evaluaciones, de la forma que se explicó en el apartado 4.2.1 y, posteriormente, el hallazgo de similitudes es prácticamente inmediato. Por lo tanto, el umbral de similitud es también irrelevante.

Caso de validación 7: similitud entre ideas y tendencias tecnológicas

Se valida la similitud entre cada una de las ideas para proyectos de I+D+i (en base a los apartados “tecnologías más significativas” e “innovación técnica” de su descripción) de los distintos años y las tendencias tecnológicas identificadas en los productos de nivel profundo de análisis de VT/IC. Como en los casos anteriores, se espera que los resultados proporcionen menos similitudes en las ideas más antiguas, ya que las tendencias tecnológicas evolucionan en el tiempo, al igual que sucede en el entorno de validación propuesto con los objetivos de I+D+i de la organización.

En este caso, como en los dos anteriores, la búsqueda de similitudes es un proceso directo, radicando la complejidad en la asociación entre tecnologías y las tendencias identificadas en los productos de VT/IC. Por ello, el umbral de similitud carece de relevancia.

Por otra parte, en los casos en los que se ha identificado alineamiento de ideas con objetivos de I+D+i la búsqueda de similitudes se limita a las tendencias de las líneas correspondientes. En el resto de casos la búsqueda se realiza respecto a todas las tendencias identificadas en las distintas áreas, avisando al gestor de la I+D+i de que pueden no ser tendencias en el ámbito concreto de la idea.

Caso de validación 8: similitud entre ideas y tendencias y necesidades del mercado

En este caso se valida la similitud entre cada una de las ideas para proyectos de I+D+i (en base a los apartados “resultados esperados”, “innovación funcional” y “mercados objetivo” de su descripción) de los distintos años y las tendencias de mercado identificadas en los productos de nivel profundo de análisis de VT/IC. Como en los casos anteriores, se espera que los resultados proporcionen menos similitudes en las ideas más antiguas, ya que la VT/IC de la organización evoluciona en la misma dirección que sus objetivos de I+D+i.

De forma operativa este caso de validación funciona de forma similar al anterior, siendo la parte más compleja la extracción de conceptos relevantes a partir de la descripción del apartado de tendencias de mercado en los productos de VT/IC. Por ello, el umbral de similitud tampoco es relevante en este caso. De la misma forma, la búsqueda se realiza respecto a las tendencias correspondientes a la línea temática de la idea, en el caso en que coincida con algún objetivo de I+D+i.

Como parte del soporte a la verificación de la viabilidad económica de la idea, en la descripción de la plataforma mostrada en el apartado 3.2 también se proporcionaban las empresas potencialmente competidoras en base a los productos identificados. Desde el punto de vista de la validación no merece la pena incluir este caso, ya que sería equivalente al caso de validación 3, pues las empresas competidoras se identifican en base a los productos similares identificados.

En este sentido también es necesario destacar que se ha obviado en los casos de validación la búsqueda de similitudes con proyectos de I+D+i ejecutados por la organización (utilizado en distintos criterios de evaluación, como también se vio en el apartado 3.2), ya que su obtención a partir de las ideas similares identificadas en el caso de validación 2 (en el caso en el que alguna de esas ideas se haya convertido finalmente en proyecto) es inmediata y no demostraría capacidades adicionales de la plataforma interesantes de cara a su validación.

En el apartado siguiente se presentan las ideas utilizadas para la validación de la plataforma, para mostrar a continuación los resultados obtenidos para cada uno de los casos de validación identificados.

4.4 Ideas incluidas en la validación

En primer lugar se proporciona una breve descripción de las distintas ideas introducidas en la plataforma para su validación, tal y como se explicó en el apartado 4.2, para facilitar la comprensión de los resultados obtenidos en dicha validación. Para ello las ideas se distribuyen por años y se proporciona el identificador de las mismas (que será utilizado para mostrar los resultados), una breve descripción, y sus principales tecnologías y potenciales colaboradores identificados. Esta información permitirá contextualizar las ideas de cara a

comprender la validez de los resultados proporcionados por la plataforma, aunque en los resultados obtenidos influyen otros aspectos de la idea (por ejemplo, relacionados con el mercado) y la información de los distintos procesos del SiGIDi. Para resumir se han incluido las siglas de las organizaciones (principalmente de universidades) y se han incluido únicamente las palabras clave de las tecnologías (por ejemplo, “profiling” en lugar de “técnicas de profiling”). Por la misma razón tampoco se han identificado los grupos de investigación concretos de una universidad, estableciéndose una numeración en el caso en el que haya más de un grupo de la misma (por ejemplo, UCLM1, UCLM2).

Como se ha explicado en el apartado 4.2, la información correspondiente a las ideas anteriores a 2010 se ha extraído de proyectos o propuestas, al no estar registradas las ideas en el SiGIDi. Por otra parte, se ha incluido únicamente la información correspondiente a las tecnologías y colaboradores más estrechamente relacionados con la actividad de la organización en dichos proyectos (ya que en algunos casos también participan otros socios con distintos intereses), o con áreas identificadas como necesarias para el éxito del mismo, pero para el que la organización no tiene conocimiento suficiente. En algunos casos uno o más colaboradores son los que han propuesto la idea, por lo que se han identificado, incluso cuando no se preveía una colaboración estrecha en el proyecto.

Las siguientes tablas (Tabla 40, Tabla 41, Tabla 42, Tabla 43, Tabla 44, Tabla 45, Tabla 46, Tabla 47, Tabla 48 y Tabla 49) muestran la información resumida de las ideas de cada año.

Idea	Objetivos	Tecnologías	Colaboradores
Hesperia	Desarrollo de tecnologías que permitan la creación de sistemas punteros de seguridad, vídeo vigilancia y control de operaciones de infraestructuras y espacios públicos.	Audio y vídeo cognitivo, redes de sensores, inteligencia artificial, middleware de comunicaciones, interfaces 3D	Brainstorm, Visual Tools, UPM1, UCLM1, ULPGC
Sonar	Buscador financiero corporativo que recoge datos de fuentes de información públicas (Internet) y privadas corporativas (Intranet), y realiza búsquedas inteligentes sobre ellas.	Web Semántica, búsqueda semántica, PLN	UM, UC3M

Tabla 40. Ideas de 2006 introducidas en la plataforma para su validación

Idea	Objetivos	Tecnologías	Colaboradores
Sibmati	Sistema de identificación biométrica multimodal aplicado al entorno de los sistemas de información.	Audio cognitivo, procesado digital de la señal	UPM1, ULPGC
Sonar2	Sistema de recomendación y soporte a decisiones financieras en base a análisis técnico y fundamental.	Web Semántica, redes neuronales, algoritmos genéticos	UM, UC3M
Etiobe	Sistema de e-terapia inteligente para el tratamiento de la obesidad que proporciona contenidos terapéuticos a partir de la información del paciente.	Inteligencia ambiental, computación ubicua y persuasiva	UPV1

Tabla 41. Ideas de 2007 introducidas en la plataforma para su validación

Idea	Objetivos	Tecnologías	Colaboradores
Humandev	Metodología y herramientas para posibilitar el desarrollo de aplicaciones en base a las necesidades del usuario.	BPM ⁹⁴ , interfaces gráficas de usuario	Uniovi
Teluria	GIS para optimizar la gestión de redes y activos de empresas de utilities, defensa, infraestructuras, telecomunicaciones, y medio ambiente.	GIS, computación móvil, interfaces multitouch, interfaces 3D	UPSA, UDG
Summa	Arquitectura para la integración de modelos de datos y servicios para sistemas de información corporativos, a través de la integración semántica de procesos de negocio.	Servicios Web semánticos, modelado de servicios Web, mediación de procesos de negocio	UC3M, UGR
Dinamo	Mecanismo de trabajo colaborativo entre las distintas factorías de SW de una organización.	Metodologías de desarrollo de SW, normativas en ingeniería del SW, BPM, calidad del SW	UC3M, IMNC
Turistic	Tecnologías para la creación de productos y servicios de valor añadido en el sector del turismo.	Servicios Web semánticos, BI, movilidad, realidad aumentada, GIS 3D, personalización, agentes inteligentes, recomendación	Innovatec, UCLM1, UPSA, UDG

Tabla 42. Ideas de 2008 introducidas en la plataforma para su validación

Idea	Objetivos	Tecnologías	Colaboradores
Senior-channel	Canal de televisión interactivo por Internet para que las personas mayores interaccionen, y compartan conocimiento y experiencias.	Internet TV	Brainstorm
Luminica	Sistema de visualización para proyecciones 3D en entornos de gran formato.	Generación de imágenes, interacción 3D	Brainstorm, UPV1
Mobiar	Plataforma de servicios de información turística basada en tecnología de Realidad Aumentada en dispositivos móviles.	Realidad aumentada, interacción móvil	Telefónica I+D, UPV1
Sitio	Plataforma SaaS enriquecida con tecnologías semánticas, para la interoperabilidad y reducción de costes en la industria del software.	SOA, SaaS, Web Semántica	UC3M, UM, Universidad de Tartu
Tactic	Guante táctil para comunicación y acceso a contenidos para personas con sordo-ceguera.	Sensores y actuadores inalámbricos, síntesis y reconocimiento de voz	Innovatec, UPV2
Vesta	Desarrollo de tecnologías para la creación de entornos domóticos centrados en el usuario.	Domótica, computación ubicua y emocional, realidad aumentada, interacción natural (tangibles ,	Brainstorm, UAM

⁹⁴ Del inglés “*Business Process Management*”

		ambientales, multitouch), inteligencia ambiental, localización, espacios virtuales	
Miso	Buscador semántico de contenidos multimedia.	Web semántica, búsqueda semántica, PLN	UM, UC3M

Tabla 43. Ideas de 2009 introducidas en la plataforma para su validación

Idea	Objetivos	Tecnologías	Colaboradores
Cloudmu	Nube desplegable y utilizable por empresas, federable con clouds existentes, que permita generar productos sectoriales.	Cloud Computing, Virtualización, Grid Computing, PaaS, SaaS	Gradient
Origin	Entorno para la gestión y fabricación de software en escenarios globales, con el foco en la inteligencia organizacional y la excelencia organizativa.	Metodologías y procesos de ingeniería del SW, soporte a decisiones, calidad del SW	UCLM2
Acsi	Entornos de colaboración entre servicios electrónicos por medio de un enfoque basado en artefactos dinámicos.	BPM, SOA, ontologías, minería de datos	IBM, Universidad de Tartu
Sagaz	Plataforma integrada basada en GIS para la simulación y detección temprana de distintos tipos de desastres naturales.	Middleware de comunicaciones, GIS, redes de sensores inalámbricas, sistemas expertos	Innovatec, Open Automation
Prometeo	Tecnologías para minimizar el riesgo ante incendios forestales y mitigar los daños medioambientales en caso de incendio.	Middleware de comunicaciones	UCLM1
Iman	Sistema para la gestión de la I+D+i que facilite la gestión de las actividades de innovación en una organización en línea con el conocimiento existente, y con la situación exterior.	Web Semántica	UM

Tabla 44. Ideas de 2010 introducidas en la plataforma para su validación

Idea	Objetivos	Tecnologías	Colaboradores
Dali	Andador inteligente para asistir a personas mayores en la circulación en entornos urbanos.	Middleware de comunicaciones, sistemas de navegación, motores cognitivos, interfaces móviles	Visual Tools, Universidad de Trento
Adapta	Tecnológicas para la construcción de interfaces de usuario en el sector de los contenidos digitales.	Interacción gestual, reconocimiento facial, holografía, robótica	UMA
Celtic	Plataforma inteligente para facilitar la toma de decisiones en la gestión de la VT/IC.	Big data, analytics, PLN	Gradient, Imaxin
Junior-Channel	Plataforma de streaming de bajo coste para abordar la exclusión en las escuelas.	Computación móvil, ontologías, ontology learning, subtítulo automático	Brainstorm

Tabla 45. Ideas de 2011 introducidas en la plataforma para su validación

Idea	Objetivos	Tecnologías	Colaboradores
Best	Adaptación y aplicación de paradigmas de ingeniería de negocios a la ingeniería del SW.	MDE, BI, minería de procesos, reconfiguración dinámica, modelos predictivos	Universidades: UCLM2, Innsbruck, Viena
Sice	API virtual para desarrollar programas en la nube como si fueran para un PC y enviarlas a una plataforma para su ejecución optimizada en la nube.	Cloud Computing, IaaS ⁹⁵ , PaaS ⁹⁶ , SaaS, MDE, análisis de código,	Imdea, HLRS, UPM2
Live-Web	Plataforma cloud para el diseño, automatización, enlazado y entrega de servicios móviles y Web, basados en eventos.	Ontologías, entrega continua, Cloud Computing, PaaS, ECA ⁹⁷ rules, stream (reasoning, data processing, deployment)	UPM2

Tabla 46. Ideas de 2012 introducidas en la plataforma para su validación

Idea	Objetivos	Tecnologías	Colaboradores
Senior-ludens	Plataforma para el desarrollo rápido y barato de juegos serios aplicados a la transferencia de conocimiento en ingeniería del SW.	Serious games, Serious games development	UPC, YouRehab, CBIM
DevOps4IoT	Herramientas DevOps para desarrollar aplicaciones IoT en entornos cloud, teniendo en cuenta su gestión.	Metodologías de ingeniería del Software, Big Data, IoT, analytics, semántica	UPM2
Piscis	Herramientas de ingeniería del SW para el desarrollo de servicios innovadores que exploten las capacidades de nuevas plataformas y dispositivos.	Análisis de redes sociales y microblogging, crawlers, middleware semántico, internet de las cosas, descubrimiento de servicios	Isoin, US
Goal	Integración de gamificación en ingeniería de software, más concretamente en herramientas del ciclo de vida del desarrollo (ALM).	Gamificación, inteligencia artificial, profiling, análisis de emociones, automatización, metodologías ALM informales, ágiles y sociales	UDC, Imatia
Plastic	Tecnologías para optimizar y flexibilizar la configuración de equipos para proyectos de ingeniería del SW.	Big data, PLN, clasificación, clusterización	Gradient, Comasis, Lance Talent

Tabla 47. Ideas de 2013 introducidas en la plataforma para su validación

⁹⁵ Del inglés “*Infrastructure as a Service*”

⁹⁶ Del inglés “*Platform as a Service*”

⁹⁷ Del inglés “*Event Condition Action*”

Idea	Objetivos	Tecnologías	Colaboradores
Go-serious	Plataforma para el desarrollo rápido y barato de juegos serios a partir de video-juegos.	Serious games, Serious games development	UPC
Develop	Plataforma cloud modular, flexible y extensible para DevOps, permitiendo componer entornos de desarrollo, entrega continua y ejecución de aplicaciones independientes de la plataforma	Cloud Computing, ontologías	-
Platoon	Plataforma cloud para el desarrollo, comercialización e interconexión de servicios de valor añadido basados en nuevos dispositivos de interacción natural.	Interconexión de servicios, evented web, programación visual, interacción avanzada	-
Ready	Plataforma para el procesamiento y análisis in-memory para construir cuadros de mando analíticos en tiempo real para ingeniería del SW.	Big Data, Yarn	-
Lps-bigger	Entorno de desarrollo para aplicaciones Big Data basado en Líneas de Producto Software a partir de una aplicación Big Data para ingeniería del SW.	LPS, Big Data, analytics	UDC, UCLM2, Playence

Tabla 48. Ideas de 2014 introducidas en la plataforma para su validación

Idea	Objetivos	Tecnologías	Colaboradores
Impulse	Plataforma para la gestión de la I+D+i para PYMEs europeas.	Big data semántico, gamificación	AENOR, EBN, EAI
Crema	Sistema inteligente para la gestión integrada de la creatividad.	Computación humana, espacios semánticos n-dimensionales, integración semántica, exploración de espacios de soluciones, aprendizaje	Brain dynamics, Gottraining
Govinda	Marco metodológico y entorno tecnológico para mejorar el gobierno y el despliegue de los entornos DevOps.	DevOps, arquitecturas empresariales, gestión integrada de modelos, ingeniería de modelos	UCLM2, UDC
SMACT-testing	Entorno de automatización de pruebas para ejecutar y mejorar test suites eficaz y eficientemente, para aplicaciones SMACT (social, mobile, Analytics, cloud, e IoT).	Motores de expansión de expresiones regulares y de combinación, programación orienta a aspectos, algoritmos genéticos	Isoin, UCLM2, UDC

Tabla 49. Ideas de 2015 introducidas en la plataforma para su validación

Una vez presentadas las distintas ideas introducidas en la plataforma para su validación, a partir de una breve descripción de las mismas, en el apartado siguiente se muestran los resultados obtenidos en los distintos casos de validación de la plataforma definidos en el apartado anterior.

4.5 Resultados de la validación

A continuación se muestran los resultados obtenidos en los distintos casos de validación de la plataforma definidos en el apartado anterior. Para los dos primeros casos de validación (columnas “similitud objetivos I+D+i” y “similitud de ideas”) se reflejan los objetivos de I+D+i e ideas concretas identificados como similares a cada una de las ideas. En el resto de columnas se refleja únicamente el número de similitudes encontradas, ya que es una información menos relevante que en los dos primeros.

La Tabla 50 representa la información correspondiente a los resultados de la ejecución de los distintos casos de validación de la plataforma.

Id	Idea	Año	Similitud objetivos I+D+i	Similitud ideas	Similitud proyectos de I+D+i	Similitud productos	Similitud tecnologías organización	Similitud tecnologías colaboradores	Similitud tendencias tecnológicas	Similitud tendencias mercado
01	Hesperia	2006	-	Sibmati	0	0	3	3	0	0
02	Sonar	2006	-	Miso, Sonar2	0	0	2	2	1	0
03	Sibmati	2007	-	Hesperia	0	0	1	0	0	0
04	Sonar2	2007	-	Sonar	0	0	2	2	1	0
05	Etiobe	2007	-	-	0	0	1	0	1	0
06	Humandev	2008	Ing SW	-	0	0	0	0	0	0
07	Teluria	2008	-	-	0	0	2	0	1	0
08	Summa	2008	Ing SW	Acsi	0	0	1	0	1	1
09	Dinamo	2008	Ing SW	Origin	0	3	0	0	0	0
10	Turistic	2008	-	-	0	0	5	0	2	0
11	Senior-channel	2009	-	Junior-Channel	0	0	0	1	0	0
12	Luminica	2009	-	-	0	0	0	0	0	0
13	Mobiar	2009	-	-	0	0	2	0	1	0
14	Sitio	2009	Ing SW	-	2	1	2	2	1	1
15	Tactic	2009	-	-	0	0	0	1	0	0
16	Vesta	2009	-	-	0	0	3	1	1	0
17	Miso	2009	-	Sonar	0	0	2	2	1	0
18	Cloudmu	2010	Ing SW	-	3	0	1	1	1	0
19	Origin	2010	Ing SW	Dinamo	0	3	0	0	0	0

20	Acsi	2010	Ing SW	Summa	0	0	1	3	1	1
21	Sagaz	2010	-	Prometeo	0	0	3	1	0	0
22	Prometeo	2010	-	Sagaz	0	0	1	1	0	0
23	Iman	2010	Gest I+D+i	Impulse	>10	8	1	1	1	1
24	Dali	2011	-	-	0	0	3	2	1	0
25	Adapta	2011	-	-	0	0	1	2	0	0
26	Celtic	2011	Gest I+D+i	Plastic	0	11	2	1	1	1
27	Junior-channel	2011	-	Senior-channel	0	0	2	1	2	0
28	Best	2012	Ing SW	Govinda	0	3	1	4	0	0
29	Sice	2012	Ing SW	-	8	4	1	2	1	0
30	Live-web	2012	Ing SW	DevOps4Iot, Develop	9	4	2	3	1	1
31	Senior-ludens	2013	Ing SW	Go-serious	0	0	0	2	0	0
32	DevOps4IoT	2013	Ing SW	Live-Web	3	5	3	2	2	1
33	Piscis	2013	Ing SW, Gest I+D+i	-	0	12	3	4	3	2
34	Goal	2013	Ing SW	-	2	0	2	1	1	0
35	Plastic	2013	Ing SW	Celtic	2	0	3	1	1	0
36	Go-serious	2014	-	Senior-ludens	0	0	0	2	0	0
37	Develop	2014	Ing SW	Live-Web	5	4	2	-	1	1
38	Platoon	2014	Ing SW	-	9	0	1	-	0	1
39	Ready	2014	Ing SW	Lps-bigger	3	0	1	-	1	0
40	Lps-bigger	2014	Ing SW	Ready	3	0	1	2	1	0
41	Impulse	2015	Gest I+D+i	Impulse	>10	3	2	0	2	2
42	Crema	2015	Gest I+D+i	-	3	5	1	5	0	1
43	Govinda	2015	Ing SW	Best	2	3	0	3	0	1
44	Smact-testing	2015	Ing SW	-	2	6	1	3	0	1

Tabla 50. Resultados de la validación de la plataforma de soporte a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i

4.6 Interpretación de los resultados de la validación

A continuación se proporciona la interpretación de los resultados de la validación presentados en el apartado anterior. Para ello, para cada caso de validación definido en el apartado 4.3 se explican las causas de los resultados obtenidos, y si se adecúan a lo esperado, además de los casos especiales en los que la plataforma pueda no haber proporcionado dichos resultados esperados.

Caso de validación 1: similitud entre ideas y objetivos de I+D+i

Como se ha explicado en el apartado 4.2, los objetivos de I+D+i actuales de la organización se focalizan en la mejora de las capacidades y el desarrollo de tecnologías aplicables a los ámbitos de ingeniería del software y gestión de la I+D+i. En ese sentido los resultados de la validación muestran que muchas de las ideas registradas no están alineadas con los objetivos de I+D+i. Aunque es cierto que existe una línea estratégica basada en el soporte a mercados en el desarrollo de proyectos de I+D+i, este aspecto no se considera un objetivo de I+D+i de la organización. El gestor podría aceptar este tipo de ideas si conoce la petición previa del mercado, y solamente procedería a evaluar los criterios restantes.

Los resultados de la validación muestran que en los últimos años (principalmente los tres últimos) la tendencia es a encontrar más ideas que presentan similitudes con el objetivo de I+D+i relacionado con ingeniería del software.

En los resultados de la validación se pueden ver dos casos especiales. El primero de ellos es el la idea “Piscis” (Tabla 50, id: 33), la cual está alineada con los dos objetivos de I+D+i, ya que incluye la incorporación de metodologías de innovación a ingeniería del SW. Otro caso especial es el de la idea “Go-serious” (Tabla 50, id: 36), para la que la plataforma no encuentra similitudes con objetivos de I+D+i. Esto se debe a que la idea no está correctamente descrita y, aunque se pretendía aplicar la creación de juegos serios a la capacitación en ingeniería del software, no quedó así reflejado, centrándose en las posibilidades de desarrollo de juegos serios.

Caso de validación 2: similitud entre ideas

Los resultados de la validación proporcionan distintas casuísticas. En primer lugar se aprecian ideas con claras similitudes, ya que coinciden tanto en el ámbito de aplicación como en varias tecnologías y colaboradores. Este es el caso de las ideas “Senior-channel” (Tabla 50, id: 11) y “Junior-Channel” (Tabla 50, id: 27), “Sagaz” (Tabla 50, id: 21) y “Prometeo” (Tabla 50, id: 22), “Senior-ludens” (Tabla 50, id: 31) y “Go-serious” (Tabla 50, id: 36), o “Hesperia” (Tabla 50, id: 01) y “Sibmati” (Tabla 50, id: 03). La interpretación de estos casos muestra que es más común que se den altas similitudes entre ideas para ámbitos de aplicación muy concretos.

También existen casos en que los resultados del caso de validación proporcionan similitudes entre ideas, pero a un nivel menor, cercano al umbral. En estos casos, las ideas tienen similitudes claras en algunos aspectos, pero no en otros, o similitudes débiles en todos. Es el caso, por ejemplo, de las ideas “Plastic” (Tabla 50, id: 35) y “Celtic” (Tabla 50, id: 26), o “Summa” (Tabla 50, id: 08) y “Acsi” (Tabla 50, id: 20).

Un caso interesante es aquel en el que los resultados de la validación muestran ideas que parecen actuar como puente entre otras dos, ya que a partir de tres ideas se encuentra una gran similitud entre dos pares, y menor similitud en el otro par (la otra posible combinación). Es el caso de la idea “Sonar” (Tabla 50, id: 02), la cual es similar a “Miso” (Tabla 50, id: 17),

por sus colaboradores y tecnologías. En este sentido este tipo de similitud proporcionado por la plataforma puede alertar de que puede tratarse de ideas parecidas cambiando únicamente el ámbito de aplicación. Del mismo modo la validación muestra similitud entre las ideas “Sonar” (Tabla 50, id: 02) y “Sonar2” (Tabla 50, id: 04), por el ámbito y el consorcio y, en menor nivel, por las tecnologías. Sin embargo entre “Sonar2” y “Miso” no se encuentra un grado suficiente de similitud, ya que aunque comparten colaboradores, se aprecian diferencias en las tecnologías y sobre todos en el ámbito de aplicación. Del mismo modo sucede con la idea “Live-Web” (Tabla 50, id: 30), que se encuentra entre “Develop” (Tabla 50, id: 37) y “DevOps4IoT” (Tabla 50, id: 32).

Otro caso interesante es el de ideas que muestran bajas similitudes (por debajo del umbral) con otras varias ideas. Es el caso, por ejemplo, de “Turistic” (Tabla 50, id: 10) la cual coincide con varias ideas en alguna tecnología o colaborador, y no así en el ámbito de aplicación. Pero incluso el caso de coincidencia con otras ideas en la temática, como con “Mobiari” (Tabla 50, id: 13), no existe una similitud global suficiente, ya que las tecnologías y colaboradores difieren. La validación de la plataforma muestra casos similares en las ideas “Sitio” (Tabla 50, id: 14), “Vesta” (Tabla 50, id: 16) y, en menor grado con “Piscis” (Tabla 50, id: 33). La interpretación de estos casos muestra que es más común que se den estas circunstancias en ideas para proyectos multi-ámbito o multi-tecnología. También existen ideas que solamente presentan similitudes con otras a nivel de colaboradores potenciales, como es el caso de “Tactic” (Tabla 50, id: 15), o “Luminica” (Tabla 50, id: 12). Por último merece la pena destacar la idea “Humandev” (Tabla 50, id: 06), para la cual, a pesar de presentar similitudes con objetivos de I+D+i, no se han encontrado similitudes con ninguna idea en ninguno de los aspectos de su descripción.

Otros casos dignos de mención son aquellos en los que la plataforma proporciona un grado de similitud entre ideas que supera ligeramente el umbral, como es el caso de “Best” (Tabla 50, id: 28) y “Govinda” (Tabla 50, id: 43). En este caso un análisis experto demuestra que no se trata de ideas realmente similares, si bien comparten similitudes semánticas.

Como conclusión se puede apreciar como la validación ha proporcionado mayor similitud entre ideas de cercanas en el tiempo, debido a que la orientación de las ideas de la organización evoluciona con los años, en línea con los objetivos de I+D+i, al igual que sucede con las tendencias tecnológicas y los colaboradores con los que suele asociarse la organización.

Caso de validación 3: similitud entre ideas y proyectos de I+D+i

A simple vista los resultados de la validación muestran que se encuentran con mucha mayor frecuencia similitudes con proyectos externos en las ideas más actuales, lo cual era el resultado esperado. También, como se esperaba, puede apreciarse que en las ideas no alineadas con los objetivos actuales de I+D+i no se encuentran similitudes.

El hecho de que se encuentren similitudes entre una idea y proyectos de I+D+i externos no implica necesariamente que la idea no sea innovadora, ni se pretende que la plataforma realice aseveraciones de ese tipo, sino que identifique posibles casos a partir de los cuales el gestor de la I+D+i verifique el grado de diferenciación que aporta la idea propuesta.

En relación a las ideas alineadas con el objetivo de I+D+i relacionado con ingeniería del software también puede apreciarse que no se encuentran demasiadas similitudes con proyectos de I+D+i externos. Esto es debido a distintas causas: (i) las ideas abordan conceptos y tecnologías que no son tendencia, como por ejemplo “Summa” (Tabla 50, id:

08), “Dinamo” (Tabla 50, id: 09), “Origin” (Tabla 50, id: 19), “Acsi” (Tabla 50, id: 20), o “Best” (Tabla 50, id: 28); (ii) ideas que abordan un amplio rango temático y tecnológico, como por ejemplo “Piscis” (Tabla 50, id: 33), lo que hace que sea más difícil encontrar similitudes, pues los proyectos suelen tender a ser focalizados; (iii) ideas que hacen referencia a ámbitos muy especializados, y poco o nada explotados, dentro de la ingeniería del software, como por ejemplo “Goal” (Tabla 50, id: 34), “Plastic” (Tabla 50, id: 35), o “Govinda” (Tabla 50, id: 43).

En otros casos en los que no se dan estas circunstancias, como por ejemplo “Sice” (Tabla 50, id: 29), “Live-web” (Tabla 50, id: 30), “DevOps4Iot” (Tabla 50, id: 32), “Platoon” (Tabla 50, id: 38), “Develop” (Tabla 50, id: 37), “Ready” (Tabla 50, id: 39), o “Lps-bigger” (Tabla 50, id: 40), el número de similitudes encontradas es razonablemente alto, teniendo en cuenta lo restringido del ámbito de la ingeniería del software y la variabilidad entre las tipologías de ideas. En este sentido se aprecia que las ideas relacionadas con Cloud Computing y Big Data son para las que más proyectos similares se han encontrado en la validación de la plataforma.

Un caso particular es el de la idea “Smact-testing” (Tabla 50, id: 44), ya que a simple vista se podría esperar que hubiese más proyectos de testing identificados como similares. El hecho de encontrarse solamente dos puede deberse a que el testing no es una tendencia temática demasiado importante actualmente en el ámbito de la investigación, y a que la idea está focalizada en distintos tipos de aplicaciones concretas, mientras que los proyectos de este tipo se centran en aspectos generalistas.

Por último, en relación a las ideas alineadas con el objetivo de I+D+i relacionado con la gestión de la I+D+i, se puede apreciar que el resultado de la validación ha proporcionado un elevado número de proyectos similares con las ideas “Iman” (Tabla 50, id: 23) e “Impulse” (Tabla 50, id: 41), lo cual denota que la gestión de la I+D+i es un área de tendencia actual en el ámbito de la investigación. Sin embargo en el caso de la VT/IC, es decir la idea “Celtic” (Tabla 50, id: 26), y la gestión de la creatividad, con la idea “Crema” (Tabla 50, id: 42), sucede lo contrario. En este caso el análisis experto hace pensar que no es por su falta de atractivo, sino que, por el contrario, este hecho supone una oportunidad, al ser áreas temáticas no explotadas y que pueden tener éxito en el futuro próximo.

Caso de validación 4: similitud entre ideas y productos

Al igual que en el caso anterior, tal y como se esperaba, los resultados de la validación muestran más similitudes con productos en las ideas más actuales y en las ideas alineadas con los objetivos de I+D+i actuales. También, de forma similar al caso anterior, el hecho de que se encuentren similitudes entre una idea y uno o más productos no implica que la idea no sea innovadora, sino que es necesario que el gestor de la I+D+i verifique el grado de diferenciación que aporta respecto a las similitudes encontradas.

En primer lugar, dentro de las similitudes identificadas con productos en las ideas correspondientes al área de ingeniería del software se observa el caso en el que dichas similitudes se corresponden únicamente con suites ALM generalistas. Este es el caso de “Dinamo” (Tabla 50, id: 09), “Origin” (Tabla 50, id: 19), “Best” (Tabla 50, id: 28), “Govinda” (Tabla 50, id: 43), o “Acsi” (Tabla 50, id: 20), ya que estas ideas no presentan de forma esencial características especiales, a excepción de “Govinda” (se orienta hacia DevOps) y “Acsi” (hacia BPM y SOA), pero las suites analizadas publicitan soporte limitado a estos aspectos.

Un hecho que a primera vista puede llamar la atención es la cantidad de ideas alineadas con el objetivo de I+D+i relacionado con ingeniería del software para las que la plataforma no ha encontrado productos similares. Un análisis experto de este hecho muestra como en el caso de “Summa” (Tabla 50, id: 08) y “Cloudmu” (Tabla 50, id: 18) se debe a que en la descripción de la idea no se indicó que el mercado de destino era el de ALM. En el caso de las ideas “Ready” (Tabla 50, id: 39), “Lps-bigger” (Tabla 50, id: 40) y “Platoon” (Tabla 50, id: 38) este hecho se debe a que están fuertemente focalizadas, las dos primeras en Big Data y la última en interacción avanzada, aspectos no recogidos en ninguna de las suites registradas. Del mismo modo sucede con “Goal” (Tabla 50, id: 34), la cual se centra principalmente en aspectos de gamificación, y “Plastic” (Tabla 50, id: 35), que pone el foco en la gestión de equipos de trabajo.

El caso opuesto se puede apreciar en la idea “Piscis” (Tabla 50, id: 33), para la que se encuentran similitudes en las suites ALM, la herramienta de desarrollo para IoT y las herramientas de gestión de la I+D+i, al ser aspectos fuertemente tratados en ella. Al contrario que en el caso anterior, se puede deducir que cuanto más heterogéneo sea el ámbito de una idea, se obtienen más similitudes con productos existentes.

Por último se encuentran las ideas para las que se han encontrado similitudes con herramientas específicas. Este es el caso de: (i) “Sice” (Tabla 50, id: 29), “Live-Web” (Tabla 50, id: 30) y “Develop” (Tabla 50, id: 37), para las que, aparte de con las suites ALM se han encontrado similitudes con la herramienta de desarrollo en la nube; (ii) “DevOps4IoT” (Tabla 50, id: 32), para la que además se han encontrado similitudes con la herramienta de IoT; “Sitio” (Tabla 50, id: 14), para las que se han encontrado similitudes con las herramientas de desarrollo en la nube; y (iii) “Smact-Testing” (Tabla 50, id: 44), para la que se han encontrado similitudes con las herramientas de testing, ya que, a pesar de que éstas están orientadas a aplicaciones generalistas, contemplan al igual que la idea aspectos de automatización y optimización, además de orientarse al mismo mercado.

De forma similar sucede con las ideas alineadas con el objetivo de I+D+i relacionado con la gestión de la I+D+i, donde para todas las ideas, es decir “Iman” (Tabla 50, id: 23), “Impulse” (Tabla 50, id: 41), “Celtic” (Tabla 50, id: 26), y “Crema” (Tabla 50, id: 42), se han encontrado similitudes con las herramientas de los ámbitos correspondientes, ya que, a pesar de que todas estas ideas presentan aspectos diferenciadores respecto a los productos, también contemplan bastantes aspectos temáticos y de mercado comunes a ellos.

Caso de validación 5: similitud entre ideas y tecnologías propias de la organización

En este caso los resultados de la validación han sido, de nuevo, los esperados, teniendo en cuenta las tecnologías propias de la organización, identificadas en el apartado 4.2.1. Otro aspecto a destacar es el correcto funcionamiento de la herramienta a la hora de tratar con tecnologías descritas de formas diferentes en distintas ideas. Esto se debe a que la plataforma trata con conceptos en lugar de con términos y va ampliando progresivamente la red de sinónimos según se va introduciendo información en la misma. Algunos ejemplos de estos casos los podemos encontrar en los conjuntos de términos “interacción natural / interacción avanzada”, “computación móvil / interacción móvil / computación ubicua”, etc. También en este punto la plataforma deduce que si se incluye en una idea relacionada con una disciplina concreta de una tecnología, se está refiriendo a dicha tecnología “padre”, como por ejemplo en los casos “SaaS / Cloud Computing”, “Yarn / Big Data”, “interacción gestual / interacción avanzada”, “redes neuronales / inteligencia artificial”, “ontologías / web semántica”, etc. Teniendo esto en cuenta, cuando se identifican en una idea más de uno de estos casos la

plataforma solamente identifica una similitud, en el caso en que ésta se produjese. El caso contrario es aquel en el que un término involucra dos tecnologías, como es el caso de “Big Data semántico”, donde la plataforma podría identificar dos similitudes.

También es necesario destacar que en las descripciones de la ideas se han incluido en algunos casos conceptos que no son tecnologías propiamente dichas, por lo que son obviados por la plataforma. Algunos ejemplos son: “DevOps”, “metodologías de desarrollo de SW”, “normativas en ingeniería del software”, etc.

Por último los resultados proporcionados por la validación muestran que en muchos casos se encuentran más similitudes de tecnologías propias de la organización con ideas no alineadas con los objetivos de I+D+i. Este hecho, paradójicamente es lógico, ya que la alineación de la idea con dichos objetivos no garantiza su viabilidad técnica.

Caso de validación 6: similitud entre ideas y tecnologías de los potenciales colaboradores

Los resultados obtenidos en la validación muestran que, debido a que solamente existen colaboradores registrados desde 2010 se encuentran más similitudes generalmente en los proyectos más actuales. Por otro lado es necesario destacar que en algunas ideas antiguas, si se hubiese realizado la validación en su momento, solamente se habrían identificado similitudes de las tecnologías de la idea con las de los colaboradores, y no con las de la propia organización. Estos casos se darían, por ejemplo, en las ideas en la que se ha identificado a la UM como colaborador. Al realizar la validación en el momento actual se dan ambos tipos de similitudes, ya que la organización ya ha adquirido capacitación en distintas tecnologías a partir de la ejecución de los proyectos. Por último, huelga explicar que en los casos en los que no se han identificado correctamente las tecnologías de una idea, la plataforma no ha encontrado similitudes.

El análisis de los resultados obtenidos en la validación muestra distintas casuísticas: (i) sólo la organización tiene capacitación en todas las tecnologías identificadas, como por ejemplo “Impulse” (Tabla 50, id: 41); (ii) los colaboradores son los que tienen capacitación en todas las tecnologías identificadas, como por ejemplo “Senior-ludens” (Tabla 50, id: 31), o “Govinda” (Tabla 50, id: 43); (iii) entre la organización y los colaboradores se cubren todas las tecnologías identificadas de forma complementaria, como por ejemplo “Adapta” (Tabla 50, id: 25), “Best” (Tabla 50, id: 28), “Sice” (Tabla 50, id: 29), o “Live-Web” (Tabla 50, id: 30); (iv) entre la organización y los colaboradores se cubren todas las tecnologías identificadas, incluyendo solapamientos, como por ejemplo “DevOps4IoT” (Tabla 50, id: 32), “Piscis” (Tabla 50, id: 33), “Lps-bigger” (Tabla 50, id: 40), “Crema” (Tabla 50, id: 42), o “Smact-testing” (Tabla 50, id: 44); (v) se han identificado colaboradores, pero las ideas no serían viables técnicamente, como por ejemplo “Sibmati” (Tabla 50, id: 03); (vi) no se han identificado colaboradores en la descripción de la idea (evidentemente no se encuentran similitudes), pero serían viables técnicamente, como por ejemplo, “Develop” (Tabla 50, id: 37), o “Ready” (Tabla 50, id: 39); y (vii) no se han identificado colaboradores y no serían viables técnicamente, como por ejemplo, “Platoon” (Tabla 50, id: 38).

Caso de validación 7: similitud entre ideas y tendencias tecnológicas

Tal y como se explicó en el apartado 4.3, cuando una idea no está alineada con ningún objetivo de I+D+i la comparación con las tendencias tecnológicas se establece teniendo en cuenta las identificadas para todas las áreas temáticas. Por ello, al contrario de lo que se podría esperar, en los resultados obtenidos en la validación no se aprecian de forma ostensible un número mayor similitudes en las ideas más actuales. Por esta misma razón se

puede observar que se encuentran similitudes en ideas no alineadas con objetivos de I+D+i, como es el caso de: (i) ideas centradas en Web Semántica, como “Sonar” (Tabla 50, id: 02), “Sonar2” (Tabla 50, id: 04), o “Miso” (Tabla 50, id: 17); y (ii) ideas focalizadas en computación móvil, como “Etiobe” (Tabla 50, id: 05), “Teluria” (Tabla 50, id: 07), “Vesta” (Tabla 50, id: 16), o “Dali” (Tabla 50, id: 24). Por otra parte existen ideas en la línea de ingeniería del software que incluyen Web Semántica como tecnología pero no se han identificado esas similitudes, al ser una tendencia tecnológica propia de la línea de gestión de la I+D+i, como por ejemplo sucede con “Summa” (Tabla 50, id: 08).

En el análisis de los resultados de la validación el caso más común es aquel en el que para ideas alineadas con algún objetivo de I+D+i se encuentran similitudes con tendencias tecnológicas, como: (i) “Sitio” (Tabla 50, id: 14), “Live-web” (Tabla 50, id: 30), “DevOpos4IoT” (Tabla 50, id: 32), “Piscis” (Tabla 50, id: 33), “Plastic” (Tabla 50, id: 35), o “Ready” (Tabla 50, id: 39), en la línea de ingeniería del software; y (ii) “Iman” (Tabla 50, id: 23), “Celtic” (Tabla 50, id: 26) o “Impulse” (Tabla 50, id: 41), en la de gestión de la I+D+i. Sin embargo también existen ideas de este tipo para las que no se han encontrado similitudes, como “Dinamo” (Tabla 50, id: 09), “Origin” (Tabla 50, id: 19), “Best” (Tabla 50, id: 28), “Govinda” (Tabla 50, id: 43) o “Crema” (Tabla 50, id: 42), ya que, o bien no se identificaron bien las tecnologías en su descripción, como se vio en casos de validación anteriores, o bien las tecnologías correctamente identificadas no representan una tendencia. Un caso particular es el de la idea “Smact-Testing” (Tabla 50, id: 44), en la que se podrían haber identificado como tecnologías Cloud Computing, IoT, o Big Data y no se ha hecho, por lo que la plataforma no ha podido encontrar las similitudes esperadas.

Caso de validación 8: similitud entre ideas y tendencias y necesidades del mercado

Tal y como se esperaba, en los resultados obtenidos en la validación se encuentran más similitudes en las ideas más actuales. Por otra parte, al contrario que sucedía en el caso anterior, no se han encontrado similitudes entre ideas no alineadas con objetivos de I+D+i y tendencias de mercado, ya que este tipo de tendencias son más específicas del ámbito de aplicación, al contrario que sucede en muchos casos con las tecnologías.

El detalle más llamativo del análisis es que existen muchas más ideas en la línea de ingeniería del software para las que no se encuentran similitudes que en el caso anterior. Presumiblemente este hecho es debido a que se trata de una línea mucho más amplia que la de gestión de la I+D+i, y en la que existen muchas más opciones de mercado. De todas formas, el hecho de que no se encuentren similitudes entre una idea y las tendencias del mercado no significa necesariamente que ésta no sea viable económicamente, sino que supone una alerta para que el gestor de I+D+i tome la decisión correspondiente. Por ejemplo, en el caso “Goal” (Tabla 50, id: 34) la gamificación no está identificada entre las tendencias actuales de mercado, igual que sucede en “Plastic” (Tabla 50, id: 35) con la gestión de equipos para proyectos, en “Platoon” (Tabla 50, id: 38) con interacción avanzada, o en “Ready” (Tabla 50, id: 39) y “Lps-bigger” (Tabla 50, id: 40) con cuadros de mando para la toma de decisiones. En algunos de estos casos el gestor de la I+D+i puede considerar que se trata de líneas que pueden ser tendencia en el mercado en el futuro y que, por consiguiente, puede suponer una oportunidad más que una deficiencia.

Por último merece la pena destacar el caso de la idea “Piscis” (Tabla 50, id: 33), para la cual se han encontrado similitudes con tendencias de mercado en las dos líneas temáticas.

4.7 Conclusiones

En el presente capítulo se ha descrito la validación de la plataforma desarrollada para la gestión de ideas para proyectos de I+D+i, integrada con la plataforma semántica correspondiente para proporcionar el soporte inteligente a dicha gestión.

Como principal conclusión cabe destacar que la validación de la plataforma muestra que ésta proporciona los resultados esperados. De esta forma se certifica el éxito de la investigación emprendida en esta tesis doctoral, y se abre el camino a la ampliación del ámbito de aplicación de las tecnologías desarrolladas en el soporte al resto de procesos del SiGIDi.

El hecho de que se haya realizado la validación de todas las ideas de todos los años ha propiciado que exista un número mayor de casuísticas en los resultados obtenidos. Este hecho ha permitido validar exhaustivamente el correcto funcionamiento de la plataforma a la hora de establecer similitudes entre ideas y objetivos de I+D+i.

Aparte de la utilidad de la plataforma propuesta, a partir de la validación realizada se han constatado una serie de descubrimientos interesantes a cerca del proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i: (i) es más probable que exista mayor similitud entre ideas de cercanas en el tiempo; (ii) es más común que se den altas similitudes entre ideas para ámbitos de aplicación muy concretos; (iii) existen ideas que parecen actuar como puente entre otras dos, lo cual denota una evolución en la I+D+i de la organización; (iv) en ideas para proyectos multi-ámbito o multi-tecnología es probable que se de una similitud débil con otras muchas ideas; (v) es más probable que se encuentren similitudes con proyectos externos y productos en las ideas más actuales; (vi) en ideas que abordan un amplio rango temático y tecnológico es más difícil encontrar similitudes con proyectos externos; (vii) es más probable encontrar similitudes con tecnologías propias de la organización en las ideas más actuales; (viii) cuanto más heterogéneo sea el ámbito de aplicación de una idea, es más probable encontrar similitudes con productos existentes; (ix) no existe una relación directa entre la alineación de una idea con los objetivos de I+D+i y las similitudes encontradas con tendencias tecnológicas; (x) es más probable encontrar similitudes con tendencias de mercado en las ideas más actuales. Es necesario resaltar que con un cambio en los umbrales de similitud en los distintos casos (para la validación se han escogido los umbrales considerados como más lógicos) algunas de estas afirmaciones podrían cambiar.

Otro aspecto destacable es que la plataforma proporciona resultados correctos incluso en los casos en los que existen conceptos representados con distintos términos, lo cual denota el buen funcionamiento del proceso de anotación semántica.

Por otro lado la validación de la plataforma ha constatado la importancia de que las ideas sean descritas de la forma más completa y precisa posible, para evitar que se pierdan similitudes, empobreciendo el soporte a la gestión de ideas. De la misma forma se ha demostrado la dependencia de la calidad de los resultados a obtener en dicho soporte con la información registrada en el resto de procesos del SiGIDi, principalmente con el de VT/IC, pero también en otros procesos como los de “recursos de I+D+i”, “colaboración”, o “gestión integrada de la cartera de proyectos de I+D+i”.

La validación realizada también ha demostrado la utilidad de poder establecer diferentes umbrales a la hora de buscar los distintos tipos de similitudes, revelándose esta característica como un instrumento de especial utilidad para modificar el soporte prestado al proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i en función de las distintas estrategias que desee

seguir un gestor de la I+D+i. Por último es importante destacar que la plataforma desarrollada en ningún caso podría utilizarse como un sistema autónomo, ya que en última instancia es el gestor de la I+D+i el que debe decidir el grado de cumplimiento de una idea para cada uno de los criterios de su evaluación. Sin embargo se trata de una herramienta de gran utilidad a la hora, tanto de orientar al gestor en la toma de decisiones como de proporcionarle la información relevante correspondiente a otros procesos del SiGIDi en relación a una idea. Esto supone un importante ahorro de tiempo y esfuerzo en la identificación de dicha información, además de la reducción de las probabilidades de cometer errores en las decisiones tomadas al pasar por alto algún tipo de conocimiento relevante.

Capítulo 5. Conclusiones y trabajo futuro

La presente tesis doctoral describe un novedoso modelo integral para la gestión de la I+D+i y el desarrollo de las tecnologías semánticas correspondientes para habilitar el soporte automatizado e inteligente a dicha gestión. El modelo expuesto tiene como principales características que es concreto, completo, integrado, basado en estándares, y a la vez flexible. En este modelo se establecen los flujos de comunicación entre las distintas actividades necesarios para gestionar la I+D+i, aprovechando y gestionando adecuadamente el conocimiento interno y externo a una organización. Por ello el modelo desarrollado habilita tanto la innovación individual como colaborativa, y su carácter no lineal permite el enriquecimiento de cada uno de sus procesos de manera continuada a través de dichos flujos de información. De esta forma, a partir del modelo desarrollado se sientan las bases para la construcción de sistemas software que proporcionen soporte optimizado a la gestión de la I+D+i en las organizaciones, además de a la certificación de las mismas en los estándares utilizados como marco conceptual.

Yendo un paso más allá de una simple gestión automatizada del proceso de la gestión de la I+D+i, por otra parte, se describe el marco tecnológico implementado para prestar soporte inteligente a dicha gestión. Se ha utilizando como prototipo el proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i, debido a su importancia central dentro de la gestión de la I+D+i y a la cantidad de flujos de conocimiento con otros procesos que intervienen en su funcionamiento. De esta forma se proporciona de forma proactiva al personal de la organización el conocimiento procedente del resto de actividades del SiGIDi para la optimización del proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i.

La motivación que ha llevado a realizar la presente investigación radica en el hecho de que, a pesar de que la I+D+i actualmente tiene una importancia crucial para el éxito y la supervivencia de las organizaciones, a su vez plantea una serie de retos, riesgos y dificultades a los que aún no se ha dado respuesta por medio de ninguna de las metodologías propuestas ni de los sistemas desarrollados para el soporte a su gestión.

A través del análisis del estado del arte realizado se ha constatado la existencia de una serie de normas españolas e internacionales de reciente creación que, si bien carecen de la precisión necesaria, son idóneos para sentar las bases para la construcción de un modelo concreto para la gestión de la I+D+i. Además se ha visto que las soluciones TIC existentes en la actualidad no proporcionan ni un soporte integrado a la gestión de la I+D+i, ni un soporte inteligente a la toma de decisiones. A través de un análisis de las tecnologías de Web Semántica se ha mostrado su potencial para proporcionar dicho soporte inteligente, mediante mecanismos de gestión del conocimiento. En relación a los intentos realizados hasta el momento en el ámbito de la investigación para integrar estas tecnologías en el soporte a la gestión de la I+D+i, se ha demostrado la inexistencia de un enfoque integral a dicha gestión en general, y a la del proceso de gestión de ideas en particular.

En cuanto a la implementación del modelo desarrollado en una plataforma de soporte a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i, se han evolucionado e integrado en la misma tecnologías semánticas, incorporando características de soporte inteligente a dicho proceso. Para ello se han tomado como base desarrollos previos del grupo de investigación al que pertenecen los directores de esta tesis doctoral. Principalmente los trabajos de Miñarro Giménez (2012) para el desarrollo del “sistema de extracción semántica estructurada” que permite poblar y anotar de forma automática la estructura ontológica a partir de la BD de la

plataforma, y de Rodríguez-García (2014) para el desarrollo del “sistema semántico” encargado de proporcionar mecanismos de búsqueda de similitud semántica para el soporte inteligente a dicha plataforma. Respecto a ambos trabajos se han realizado aportaciones que mejoran tanto su capacidad funcional como su rendimiento. Estas tecnologías han sido aplicadas en base a la definición realizada a nivel funcional en la que se han identificado los distintos tipos de similitudes que se necesita obtener en base al modelo para la gestión de la I+D+i desarrollado.

A través de la validación de la plataforma de soporte a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i en un entorno empresarial real, se ha demostrado la validez, tanto del modelo para la gestión de la I+D+i creado, como de las tecnologías semánticas desarrolladas e integradas en una plataforma online basada en dicho modelo. Aparte esta validación ha mostrado aspectos interesantes acerca del comportamiento del proceso soportado y de las probabilidades de obtención para cada uno de los tipos de similitud planteados bajo distintas circunstancias. Asimismo se ha demostrado la influencia, tanto de una adecuada descripción de las ideas, como de la calidad de los contenidos correspondientes al resto de procesos del SiGIDi, en la riqueza y precisión del soporte inteligente prestado al proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i.

En concreto, las principales aportaciones de esta tesis doctoral son las siguientes:

- **Creación del primer modelo integrado para la gestión de la I+D+i:** se ha proporcionado el primer modelo concreto, completo, integrado, basado en estándares, y flexible que sirve como base al soporte TIC a la gestión de la I+D+i en las organizaciones, contribuyendo a la mejora competitiva de las mismas. Este modelo da respuesta a las incoherencias, solapamientos, ambigüedades y falta de completitud identificados en la normativa adoptada como base, incorporando a su naturaleza de especificación técnica la especificidad y concreción necesarias para la construcción del modelo. Una característica relevante del modelo desarrollado es que, a pesar de que fija los elementos que lo componen y los flujos de información entre los mismos, se trata de un modelo no lineal y flexible, al no imponer un modo cerrado para la obtención de la información, ni para la ejecución de los procesos, permitiendo la adecuación de dicho modelo a las características y necesidades concretas de cada organización, y a innovar de forma colaborativa con otras entidades. Además las soluciones TIC que incorporen el modelo desarrollado facilitarán a las organizaciones la certificación de sus SiGIDis en base a los estándares utilizados como marco conceptual.
- **Desarrollo de una plataforma de soporte a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i:** a partir del modelo desarrollado se han realizado las especificaciones funcionales necesarias para prestar soporte automatizado al proceso de gestión ideas para proyectos de I+D+i. Estas especificaciones se han implementado a partir de una plataforma comercial de trabajo en equipo, haciendo innecesario el desarrollo de una aplicación desde cero y facilitando la flexibilidad a la hora de evolucionar el SiGIDi, sin necesidad de emprender nuevos desarrollos.
- **Desarrollo de mecanismos para proporcionar soporte inteligente a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i:** a partir del modelo propuesto y de la funcionalidad base de soporte a la gestión de ideas se han identificado las similitudes que es necesario obtener entre distintos tipos de entidades del SiGIDi para proporcionar un soporte inteligente a dicha gestión, de forma que sea útil tanto a los actores que intervienen en la generación de ideas como a los responsables de su evaluación. Este

soporte se plasma en dos mecanismos: (i) uno de pre-evaluación de una idea para cualquier miembro de la organización, permitiendo su mejora antes de ser propuesta definitivamente; y (ii) otro de asistencia en la toma de decisiones en la evaluación de la misma por parte de un gestor de la I+D+i. Para ello se proporciona de forma proactiva la información relacionada con la idea correspondiente a los distintos procesos del SiGIDi que tienen influencia en la gestión de ideas, permitiendo el acceso a la información completa de partida. Esto ha sido posible gracias a la incorporación de las tecnologías semánticas desarrolladas.

- **Construcción de la estructura semántica para la gestión de la I+D+i:** se ha construido una ontología del dominio de la gestión de la I+D+i basada en el modelo desarrollado. Esto supone un avance respecto a las ontologías existentes en la actualidad, las cuales carecen de un enfoque integrado de los distintos procesos que forman parte de dicha gestión. Además esta ontología se ha integrado dentro de un repositorio semántico que incluye modelos ontológicos para los dominios de las TIC y de la ingeniería del software. Este repositorio semántico está basado en estándares de facto, habilitando el intercambio de conocimiento con otros sistemas.
- **Ampliación del marco de soporte funcional de sistema de extracción semántica estructurada:** se han realizado aportaciones a la metodología de integración semántica tomada como base (Miñarro Giménez, 2012), de forma que se habilita la realización de operaciones de extracción y anotación semántica a partir de tablas de una BD en las que coexisten columnas descriptivas y columnas de relación entre distintas tablas. De esta forma se mejoran las capacidades para proporcionar soporte semántico en la gestión de la I+D+i y, más concretamente, en la gestión de ideas para proyectos de I+D+i, debido a que tanto los campos de descripción de las ideas, como sus criterios de evaluación deben poder ser ampliados (a partir de los mínimos establecidos en el modelo) de acuerdo con las estrategias, distintas y cambiantes en el tiempo, de cada organización.
- **Habilitación de capacidades interactivas y colaborativas al sistema semántico:** se han realizado aportaciones a la metodología de anotación semántica tomada como base (Rodríguez-García, 2014), eludiendo la necesidad de proporcionar los contenidos en forma de documentos, sino incorporando las entidades a la estructura semántica directamente a partir de una plataforma online colaborativa. De esta forma se posibilita la adecuación de la plataforma de soporte a la gestión de ideas a las tendencias actuales en el ámbito de la innovación, centradas en la innovación abierta.
- **Agilización del proceso de creación de índices:** en lugar de realizar los cálculos de los índices necesarios para la búsqueda de similitudes a partir de un proceso *batch* periódico en el que se recalculan la totalidad de los mismos, se ha desarrollado un mecanismo para llevar a cabo únicamente los cálculos necesarios cada vez que se produce un cambio en las instancias de la estructura semántica creada como base de conocimiento para el soporte inteligente a la gestión de la I+D+i. De esta forma se mejora el rendimiento del proceso de cálculo de índices, al realizar solamente los cálculos correspondientes a las instancias de la ontología modificadas y a las relacionadas con éstas, en lugar de para todas las instancias existentes, sea necesario o no. Además, se mejora la precisión de los cálculos de similitud, al mantener siempre actualizados los índices, sin necesidad de esperar a la ejecución del proceso temporal.
- **Flexibilización del soporte inteligente a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i:** se ha desarrollado un mecanismo para permitir a los gestores de la I+D+i establecer distintos umbrales necesarios para establecer la similitud en cada uno de los casos identificados. Esta característica se ha revelado en la validación de la plataforma como un instrumento de especial utilidad para habilitar la modificación del

soporte prestado al proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i en función de las distintas estrategias que desee seguir un gestor de la I+D+i.

- **Validación de la plataforma de soporte inteligente a la gestión de ideas para proyectos de I+D+i en un entorno empresarial real:** al realizar la validación de la plataforma en un entorno real se ha garantizado la validez de los resultados obtenidos. Además, al tratarse de un entorno empresarial, se ha podido mostrar la utilidad de dicha plataforma para la mejora de la I+D+i empresarial. Por otra parte la metodología de validación propuesta en la que se llevaban a cabo las búsquedas de similitud sobre ideas con un rango temporal de diez años ha permitido obtener resultados ricos en cuanto a su variedad, siendo este un factor fundamental para demostrar la validez de la plataforma desarrollada, al permitir obtener un variopinto abanico de resultados de validación. Este hecho se ha visto reforzado por el entorno de validación utilizado, en el que se ha contado con información de un SiGIDi y un Sistema de Gestión de la VT/IC implantados en una organización. Además la actualización continua de ambos sistemas ha posibilitado contrastar ideas descritas en distintos años con la información actual de todos los procesos de gestión de la I+D+i involucrados. Como parte de la metodología de validación empleada también es importante destacar que los casos de validación propuestos han cubierto todo el rango de similitudes identificadas como necesarias para proporcionar soporte inteligente al proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i. Por último se ha comprobado el correcto funcionamiento de la plataforma en los casos en los que se han identificado distintos términos para un mismo concepto, o conceptos pertenecientes a distintos niveles de la estructura semántica de los dominios de aplicación. En los dominios de este caso concreto (TIC e ingeniería del software) estos casos suceden de forma habitual, ya que existen múltiples formas de denominar a los elementos tecnológicos, y existen múltiples niveles en las disciplinas tecnológicas.

Como conclusión final, la presente tesis doctoral contribuye al campo de la investigación, aportando, tanto un nuevo modelo, como las tecnologías semánticas correspondientes, que habilitan y optimizan la gestión de las actividades I+D+i de forma integral y flexible en una organización, sacando el mayor provecho del conocimiento, tanto interno a la misma, como de su entorno operacional.

La plataforma para la gestión de ideas desarrollada constituye una herramienta de gran utilidad a la hora de orientar a proponentes de ideas y gestores de la I+D+i en la toma de decisiones, lo cual supone un importante ahorro de tiempo y esfuerzo en la identificación del conocimiento relevante a las ideas a gestionar, además de la mejora de la efectividad de las decisiones tomadas.

Una vez analizados los resultados de la investigación llevada a cabo en la presente tesis doctoral, a continuación se exponen las limitaciones identificadas en los mismos, las cuales constituyen la base para profundizar en la investigación realizada, abriendo futuras líneas de trabajo.

- **Limitación de los desarrollos al proceso de gestión de ideas para proyectos de I+D+i:** debido a la amplitud del campo de la gestión de la I+D+i y de las numerosas interrelaciones y flujos de comunicación identificados en el modelo desarrollado para la gestión de la I+D+i, en el ámbito de la presente investigación no se ha considerado ni viable ni deseable aplicar los desarrollos tecnológicos realizados al proceso completo, focalizando los mismos en la gestión de ideas para proyectos de I+D+i. Esta acotación del alcance ha permitido desarrollar y validar las tecnologías de la

Web Semántica en un entorno controlado, asegurando la adecuación de los resultados obtenidos. Sin embargo esto hace que no se haya comprobado el funcionamiento de la investigación realizada en el soporte a la gestión de la I+D+i de forma global. Si bien, desde un punto de vista conceptual este soporte implicaría únicamente extender los desarrollos realizados al resto de procesos en base al modelo para la gestión de la I+D+i desarrollado, desde un punto de vista operativo se podrían encontrar problemas, principalmente de rendimiento del sistema, al contar con una cantidad mucho mayor de conocimiento a gestionar.

- **Limitaciones del funcionamiento en tiempo real:** si bien a través de la presente investigación se han paliado las carencias identificadas en relación al rendimiento del algoritmo de indexación semántica del trabajo tomado como base para la construcción del sistema semántico limitando y optimizando el número de cálculos necesarios, el algoritmo CF-IDF sigue requiriendo un tiempo de ejecución que imposibilita la actualización del conocimiento en tiempo real. A pesar de que la latencia en esta operación debido a las optimizaciones llevadas a cabo es totalmente asumible, se considera necesario profundizar en cuestiones computacionales para obtener un sistema en el que el conocimiento generado se actualice en tiempo real, principalmente para habilitar la gestión de la I+D+i colaborativa en redes de organizaciones.

5.1 Las líneas futuras de investigación

La gestión de la I+D+i es un ámbito alrededor del cual existen múltiples actividades y oportunidades de negocio. Además es un campo que se presta especialmente a la incorporación de nuevas tecnologías. Por ello se han identificado como líneas futuras de investigación los siguientes aspectos principales.

- **Extensión de los desarrollos tecnológicos al proceso completo de la gestión de la I+D+i:** como se ha explicado anteriormente, el primer paso necesario para profundizar en la investigación llevada a cabo en la presente tesis doctoral es la extensión de los desarrollos realizados, y su correspondiente validación, a todos los procesos de la gestión de la I+D+i, en base al modelo propuesto. La consecución de este objetivo conllevaría contar con la primera plataforma para la gestión global de la I+D+i con soporte automatizado e inteligente, lo cual supondría importantes ventajas competitivas e incrementos de la productividad para las organizaciones.
- **Soporte a la gestión de la financiación en I+D+i:** un aspecto esencial para las organizaciones a la hora de realizar actividades de I+D+i es poder contar con financiación. En este sentido hoy en día las ayudas públicas a la I+D+i suponen una importante fuente de financiación para las organizaciones, disminuyendo los riesgos propios de las actividades de I+D+i. Sin embargo estas ayudas implican una serie de actividades burocráticas a la hora, tanto de solicitar dichas ayudas, como de justificar económicamente los proyectos realizados. La extensión de la investigación llevada a cabo en esta tesis doctoral de cara a la aplicación de tecnologías de la Web Semántica para optimizar este tipo de acciones sería de gran utilidad para las organizaciones, principalmente para las PYMEs, muchas de las cuales no cuentan ni con las estructuras organizacionales, ni con el conocimiento necesario para abordarlas, desestimando en muchas ocasiones su participación en proyectos de I+D.
- **Aplicación de tecnologías Big Data a la gestión de la I+D+i:** como se ha visto a lo largo de los distintos capítulos de los que consta esta tesis doctoral, la gestión del conocimiento es esencial para poder proporcionar soporte inteligente a la gestión de la I+D+i. Por otro lado la tendencia principal en la actualidad en el campo la I+D+i se

focaliza en la I+D+i colaborativa entre distintas organizaciones. Esto hace que la información a tener en cuenta a la hora de generar el conocimiento útil para este tipo de I+D+i pueda crecer de forma exponencial. Por ello la integración de tecnologías Big Data sobre la base de tecnologías de la Web Semántica desarrolladas en la presente tesis doctoral habilitarían una gestión de la I+D+i conjunta en redes de organizaciones de gran tamaño. Por otra parte esto permitiría poder contar con, y analizar, una gran cantidad de información del entorno exterior a las organizaciones que sería de especial utilidad para el soporte al proceso de VT/IC. Por último la aplicación de este tipo de tecnologías podría, potencialmente, mejorar el rendimiento de los algoritmos necesarios para el soporte semántico a la gestión de la I+D+i. Como se ha visto en el capítulo 2, se han realizado diversos intentos para incorporar desarrollos basados en Big Data a la gestión de la I+D+i. En concreto para la toma de decisiones basada en evidencias durante el proceso de aprobación de proyectos por parte de organismos financiadores (Li et al., 2014a), para encontrar los mejores revisores y para gestionar potenciales conflictos de intereses en ese tipo de aprobaciones (Herzog, 2014), o en el soporte a la investigación clínica (Seebode et al., 2013).

- **Mejora de la gamificación en la gestión de la I+D+i:** el concepto de gamificación (fomentar distintos comportamientos por parte de los usuarios a partir de mecánicas de juegos) se encuentra muy de moda actualmente en muchos ámbitos productivos, y se ha empezado a aplicar en los últimos años en el campo de la gestión de la I+D+i, principalmente con el objetivo de fomentar la aportación de ideas. Sin embargo la gamificación actualmente se basa en proporcionar recompensas en base a puntuaciones obtenidas a partir de la actividad del usuario dentro de una plataforma. Para una aplicación real del concepto de gamificación en la gestión de la I+D+i se hace necesaria su integración con tecnologías de gestión del conocimiento, que permitan enriquecer y personalizar la experiencia de los usuarios en cualquier actividad de la gestión de la I+D+i (no sólo a la hora de proporcionar ideas). Por ello se considera que la extensión de las tecnologías desarrolladas en la presente tesis doctoral incorporando mecánicas de gamificación ayudaría a concienciar y fomentar la participación de todo el personal de la organización en todas las actividades de gestión de la I+D+i. De acuerdo con el “*Market Guide for Innovation Management*” (Gartner, 2015) el 17% de los fabricantes incluyen características de gamificación en sus IMS (se trata de características simples aplicadas principalmente a la motivación del personal para contribuir en la generación de ideas). A parte, en los últimos años la aplicación de la gamificación en el ámbito de la innovación (principalmente en creatividad) está empezando a adquirir importancia en el ámbito de la investigación, como muestra, por ejemplo la reciente “*Special Issue of Creativity and Innovation Management*” (Gemünden et al., 2013).

Capítulo 6. Contribuciones científicas

6.1 Publicaciones JCR

1. Yolanda Hernández-González, Carlos García Moreno, Miguel Ángel Rodríguez-García, Rafael Valencia-García, Francisco García Sánchez. (2014). A semantic-based platform for R&D project funding management. *Computers in Industry* 65(5): 850-861.
2. Carlos García Moreno, Yolanda Hernández-González, Miguel Ángel Rodríguez-García, José Antonio Miñarro-Giménez, Rafael Valencia-García, Ángela Almela. (2013). A Semantic based Platform for Research and Development Projects Management in the ICT Domain. *J. UCS* 19(13): 1914-1939.

6.2 Congresos internacionales

1. Carlos García Moreno, Yolanda Hernández-González, Maria Luisa Hernández-Alcaraz, Francisco García Sánchez, Rafael Valencia-García. (2011). Adding Semantics to Research and Development Management. *DCAI 2011*: 295-302.
2. Juan Miguel Gómez, Francisco García Sánchez, Rafael Valencia-García, Ioan Toma, Carlos García Moreno. (2009). SONAR: A Semantically Empowered Financial Search Engine. *IWINAC* (1) 2009: 405-414.

Referencias

- ABNT. (2011). NBR 16501:2011 – Diretrizes para Sistemas de Gestão da Pesquisa.
- ABNT. (2012). NBR 16502:2012 - Gestão da PD&I: Diretrizes para elaboração de projetos de PD&I.
- Adamides, E., & Karacapilidis, N. (2006). Information technology support for the knowledge and social processes of innovation management. *Technovation*, 26(1), 50-9.
- Adams, R., Bessant, J., & Phelps, R. (2006). Innovation Management Measurement: A Review. *International Journal of Management Reviews (IJMR)*, 8(1), 21-47.
- AENOR - Asociación Española de Normalización y Certificación. (2006). UNE 166000:2006 - Gestión de la I+D+i: Terminología y definiciones de las actividades de I+D+i.
- AENOR - Asociación Española de Normalización y Certificación. (2006). UNE 166001:2006 - Gestión de la I+D+i: Requisitos de un proyecto de I+D+i.
- AENOR - Asociación Española de Normalización y Certificación. (2006). UNE 166002:2006 - Gestión de la I+D+i: Requisitos del Sistema de Gestión de la I+D+i.
- AENOR - Asociación Española de Normalización y Certificación. (2006). UNE 166006:2006 - Gestión de la I+D+i: Sistema de Vigilancia Tecnológica.
- AENOR - Asociación Española de Normalización y Certificación. (2008). UNE-EN ISO 9001:2008 - Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos. (ISO 9001:2008).
- AENOR - Asociación Española de Normalización y Certificación. (2010). UNE 166007:2010 IN - Gestión de la I+D+i: Guía de aplicación de la Norma UNE 166002:2006.
- AENOR - Asociación Española de Normalización y Certificación. (2011). UNE 166006:2011 - Gestión de la I+D+i: Sistema de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva.
- AENOR - Asociación Española de Normalización y Certificación. (2012). UNE 166005:2012 IN - Gestión de la I+D+i: Guía de aplicación de la Norma UNE 166002 al sector de bienes de equipo.
- AENOR - Asociación Española de Normalización y Certificación. (2012). UNE 166008:2012 - Gestión de la I+D+i: Transferencia de tecnología.
- AENOR - Asociación Española de Normalización y Certificación. (2014). UNE 166002:2014 - Gestión de la I+D+i: Requisitos del Sistema de Gestión de la I+D+i.
- Alaei, A., Shafae, J., Ariana, A., & Maghvan, T. S. (2012). The Role of Knowledge Management in Created Organizational Innovation. *Journal of Basic and Applied Scientific Research (JBASR)*, 2(2), 1136-1141.
- Alegre Vidal, J. (2004). *La gestión del conocimiento como motor de la innovación*. Castelló de la Plana: Publicacions de la Universitat Jaume I.
- Alves, J., Marques, M. J., Saur, I., & Marques, P. (2005). Building creative ideas for successful new product development. *9th European Conference on Creativity and Innovation (ECCI)*. Lódz, Poland.

- Ameen, A., Khan, K. U., & Rani, B. P. (2014). Extracting knowledge from Ontology using Jena for Semantic Web. *International Conference on Convergence of Technology-IEEE*. Pune,India: IEEE.
- Angrosh, M. A., Cranefield, S., & Stanger, N. (2014). Contextual information retrieval in research articles: Semantic publishing tools for the research community. *Semantic Web (SEMWEB)*, 5(4), 261-293.
- Antoniou, G., & van Harmelen, F. (2004). *A Semantic Web Primer*. The MIT Press.
- Antunes, F., Freire, M., & Costa, J. P. (2014). Semantic Web Tools and Decision-Making. *Group Decision and Negotiation (GDN)*, 270-277.
- APCER. (2007). NP 4456: 2007 - Gestão da Investigação Desenvolvimento e Inovação (IDI). Terminologia e definições das actividades de IDI.
- APCER. (2007). NP 4457: 2007 - Gestão da Investigação Desenvolvimento e Inovação (IDI). Requisitos do sistema de gestão da IDI.
- APCER. (2007). NP 4458: 2007 – Gestão da Investigação Desenvolvimento e Inovação (IDI). Requisitos de um projecto de IDI.
- Asociación de la Industria Navarra. (2008). *Guía práctica: La gestión de la Innovación en 8 pasos*. Agencia Navarra de Innovación.
- Auer, S. (2014). Introduction to LOD2. En *Linked Open Data-Creating Knowledge Out of Interlinked Data* (págs. 1-17). Springer International Publishing.
- Auernhammer, J., & Hall, H. (2014). Organizational culture in knowledge creation, creativity and innovation: Towards the Freiraum model. *Journal of Information Science (JIS)*, 40(2), 154-166.
- Auernhammer, K., Leslie, A., Neumann, M., & Lettice, F. (2003). Creation of Innovation by Knowledge Management—A case study of a learning software organisation. *WM 2003: Professionelles Wissensmanagement - Erfahrungen und Visionen*, (págs. 53-57). Luzern, Switzerland.
- Baader, F., Horrocks, I., & Sattler, U. (2008). *Description logics*. Elsevier Science.
- Barceló Valenzuela, M., Schmitz, S., Alfonso, G. G., & Perez-Soltero, A. (2006). La Web Semántica como apoyo a la Gestión del Conocimiento y al Modelado Organizacional. *Ingeniería Informática*(12), 4.
- Batzias, F. A., & Siontorou, C. G. (2012). Creating a specific domain ontology for supporting R&D in the science-based sector – The case of biosensors. *Expert Systems with Applications*, 39(11), 9994-10015.
- Beales, R. (2004). *An Ontology-Based Platform To Support Organisational Innovation Networks*. University of Southampton.
- Belderbos, R., Carree, M., & Lokshin, B. (2004). Co-operative R&D and firm performance. *R&D Policy*, 33(10), 1477–1492.

- Bermudez-Edo, M., Noguera, M., Garrido, J. L., & Hurtado, M. V. (2013). Semantic Patent Information Retrieval and Management with OWL. *Advances in Information Systems and Technologies*, 33-42.
- Berners-Lee, T., Hendler, J., & Lassila, O. (2001). The semantic Web. *Scientific american*, 284(5), 28-37.
- Bhagwatwar, A., Massey, A., & Dennis, A. R. (2013). Creative Virtual Environments: Effect of Supraliminal Priming on Team Brainstorming. In System Sciences. *46th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)* (págs. 215-224). Manoa, Hawaii, USA: IEEE.
- Bhattacharyya, R., Kumar, P., & Kar, S. (2011). Fuzzy R&D portfolio selection of interdependent projects. *Computers and Mathematics with Applications*, 62, 3857–3870.
- Bizer, C. (2004). *Triql: A query language for named graphs*. Berlin: Freie Universität Berlin.
- Blomqvist, E. (2014). The use of Semantic Web technologies for decision support - a survey. *Semantic Web (SEMWEB)*, 5(3), 177-201.
- Borkum, M. I., & Frey, J. G. (2014). Usage and applications of Semantic Web techniques and technologies to support chemistry research. *Cheminformatics*, 6(1), 18.
- Bouchoux, D. E. (2013). *e-Study Guide for: Intellectual Property: The Law of Trademarks, Copyrights, Patents, and Trad.*
- Brandtner, P., Auinger, A., & Helfert, M. (2014). Principles of Human Computer Interaction in Crowdsourcing to Foster Motivation in the Context of Open Innovation. *HCI in Business*, 585-596.
- Braun, S., Kunzmann, C., & Schmidt, A. P. (2012). Semantic people tagging and ontology maturing: an enterprise social media approach to competence management. *International Journal of Knowledge and Learning (IJKL)*, 8(1), 86-111.
- Brennan, A., & Dooley, L. (2005). Networked creativity: A structured management framework for stimulating management innovation. *Technovation*, 25, 1388-1399.
- BSI. (2008). BS 7000-1:2008 - Design management systems. Part 1: Guide to managing innovation.
- Bullinger, A., & Möslin, K. (2010). Innovation Contests - Where are we? *16th Americas Conference of Computer Information Systems (AMCIS)*, 8. Lima, Peru.
- Bullinger, A., Hallerstedde, S., Renken, U., Soeldner, J.-H., & Möslin, K. (2010). Towards Research Collaboration - A Taxonomy of Social Research Network Sites. *16th Americas Conference on Information Systems*, (pág. 92). Lima, Peru.
- Bullinger, H., Warschat, J., Schumacher, O., Slama, A., & Ohlhausen, P. (2005). Ontology-Based Project Management for Acceleration of Innovation Projects. *Computer Science*, 280-288.
- Bunduchi, R. (2009). Challenges in building creativity and innovation into NPD process – results from a case study. *20th ISPIM Conference*, (págs. 21-24). Viena, Austria.
- Cai, J., Smart, A. U., & Liu, X. (2014). Innovation exploitation, exploration and supplier relationship management. *International Journal of Technology Management (IJTM)*, 66(2), 134-155.
- CAIRN. (1991). FD X50-901:1991 – Management de projet et innovation–Aide mémoire à l’usage des acteurs d’un projet d’innovation.

- CAIRN. (1998). FD XP X 50-053:1998 – Prestations de veille : prestations de veille et prestations de mise en place d'un système de veille.
- CAIRN. (2003). FD X50-551:2003 – Qualité en recherche – Recommandations pour l'organisation en mode projet d'une activité de recherche dans le cadre d'un réseau.
- Carbonara, N., & Scozzi, B. (2006). Cognitive maps to analyse new product development processes: A case study. *Technovation*, 26, 1233-1243.
- Carbone, F., Contreras, J., & Hernández, J. Z. (2010). Enterprise 2.0 and Semantic Technologies for Open Innovation Support. *Trends in Applied Intelligent Systems*, 2, 18-27.
- CARIN. (2004). FD X50-552:2004 – Systèmes de management de la qualité – Guide d'application de l'ISO 9001 dans les organismes de recherche.
- Cassiman, B., & Veugelers, R. (2006). In search of complementarity in the innovation strategy: internal R&D and external knowledge acquisition. *Management Science*, 52(1), 68–82.
- CEN. (2008). Business plan - Research, Development and innovation activities (R&D&I).
- CEN. (2013). CEN/TS 16555-1:2013 - Innovation Management - Part 1: Innovation Management System.
- Chabot, B., Gautreau, P., & Sommacal, B. (2014). How to Improve PLM Approach Efficiency Based on Knowledge Engineering, Knowledge Management and Semantic Web Technologies Domains? En *Product Lifecycle Management for a Global Market* (págs. 365-376). Springer Berlin Heidelberg.
- Charalabidis, Y., L. E., & Androutopoulou, A. (2014). Fostering Social Innovation through Multiple Social Media Combinations. *Information Systems Management (ISM)*, 31(3), 225-239.
- Chen, W., Kifer, M., & Warren, D. S. (1993). HiLog: A foundation for higher-order logic programming. *The Journal of Logic Programming*, 15(3), 187-230.
- Chesbrough, H. (2003). Open Innovation. *Harvard University Press*.
- Chiaroni, D., Chiesa, V., & Frattini, F. (2011). The Open Innovation Journey: How firms dynamically implement the emerging innovation management paradigm. *Technovation*, 31(1), 34-43.
- Chiesa, V., & Frattini, F. (2009). *Evaluation and performance measurement of research and development: Techniques and perspectives for multi-level analysis*. Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Chiesa, V., Frattini, F., Lamberti, L., & Noci, G. (2009). Exploring management control in radical innovation projects. *European Journal of Innovation Management*, 12(4), 416–44.
- Cimiano, P., Mädche, A., Staab, S., & Völker, J. (2009). Ontology learning. En *Handbook on ontologies* (págs. 245-267). Springer Berlin Heidelberg.
- Ciravegna, F., & Wilks, Y. (2003). Designing adaptive information extraction for the semantic web in amilcare. *Annotation for the semantic web*, 96.
- Ciriello, R. F., Aschoff, F. R., Dolata, M., & Richter, A. (2014). Communicating Ideas Purposefully - toward a Design Theory of Innovation Artifacts. *28th Conference of the European Colloid and Interface Society (ECIS)*. Limassol, Cyprus.

- Ciuciu, R. A., Mateescu, V., & Ciuciu, I. (2014). Organizational Culture and Innovation: An Industrial Case Study. *OnTheMove (OTM) Workshops* (págs. 514-518). Amantea, Italy: Springer Berlin Heidelberg.
- Collobert, R., & Weston, J. (2008). A unified architecture for natural language processing: Deep neural networks with multitask learning. *25th international conference on Machine learning* (págs. 160-167). Helsinki, Finland: ACM.
- Colomo-Palacios, R., García-Crespo, Á., Gómez-Berbís, J. M., & Casado-Lumbreras, C. (2010). SemCASS: technical competence assessment within software development teams enabled by semantics. *International Journal of Social and Humanistic Computing (IJSHC)*, 1(3), 232-245.
- Colomo-Palacios, R., García-Crespo, Á., Soto-Acosta, P., Ruano-Mayoral, M., & Jiménez-López, D. (2010). A case analysis of semantic technologies for R&D intermediation information management. *International Journal of Information Management (IJIM)*, 30, 465-469.
- Colomo-Palacios, R., Ruano-Mayoral, M., Soto-Acosta, P., & García-Crespo, Á. (2010). The War for Talent: Identifying competences in IT Professionals through semantics. *International Journal of Sociotechnology and Knowledge Development (IJSKD)*, 2(3), 26-36.
- Colucci, S., Di Noia, T., Ragone, A., Ruta, M., Straccia, U., & Tinelli, E. (2010). Informative top-k retrieval for advanced skill management. *Semantic Web Information Management*, 449-476.
- Comisión Europea. (1995). *Green Paper on Innovation*.
- Comisión Europea. (1995). *Libro Verde de la Innovación*. Comisión Europea.
- Comisión Europea. (2014). *CORDIS - EU Research Projects - Innovation Management Platform for Aeronautics*. Obtenido de http://cordis.europa.eu/projects/rcn/97671_en.html
- Conway, M. C., Greenberg, J., Moore, R., Whitton, M., & Zhang, L. (2013). Advancing the DFC Semantic Technology Platform via HIVE Innovation. *Metadata and Semantics Research (MTSR)*, 14-21.
- Corchero, A., Domingo, X., & García, R. (2013). Semantic sensor web data exploration and visualization for intelligent decision support. *International Conference on Web Intelligence, Mining and Semantics (WIMS)* (pág. 44). Madrid, Spain: ACM.
- Corcho, O., Fernández-López, M., & Gómez-Pérez, A. (2003). Methodologies, tools and languages for building ontologies. Where is their meeting point? *Data & knowledge engineering*, 46(1), 41-64.
- Corcho, O., GómezPérez, A., & López-Cima, A. (2006). ODESeW for the creation of R&D projects' Intranets and Extranets. *15th Internacional World Wide Web Conference (WWW)*. Edinburgh, Scotland.
- COTEC. (2004). *Libro Blanco: El Sistema Español de Innovación*. Fundación COTEC para la Innovación y la Tecnología.
- Cristalli, C., & Isidori, D. (2014). A Methodology for the Set-Up of a Virtual Innovation Factory Platform. *Advanced Information Systems Engineering (CAiSE) Workshops* (págs. 268-273). Thessaloniki, Greece: Springer International Publishing.
- Cynertia Consulting. (2010). Gestión de la I+D+i con las normas de la serie UNE 166000.

- d'Aquin, M., Lieber, J., & Napoli, A. (2013). Decentralized case-based reasoning and Semantic Web technologies applied to decision support in oncology. *The Knowledge Engineering Review (KER)*, 28(4), 425-449.
- Dau, F., & Andrews, S. (2014). Combining Business Intelligence with Semantic Technologies: The CUBIST Project. *Graph-Based Representation and Reasoning*, 281-286.
- Dayyani, B. (2009). Structured Analytics: The Creation of The Intelligent Organization. *World Academy of Science, Engineering and Technology (WASET)*, 50.
- de Carvalho, D. S., Franca, F. M., & Lima, P. M. (2014). Extracting semantic information from patent claims using phrasal structure annotations. *Brazilian Conference on Intelligent Systems (BRACIS)* (págs. 31-36). São Carlos-SP, Brazil : IEEE.
- De Vocht, L., Mannens, E., Van de Walle, R., Softic, S., & Ebner, M. (2013). A Search Interface for Researchers to Explore Affinities in a Linked Data Knowledge Base. *12th International Semantic Web Conference (ISWC)*, (págs. 21-24). Trentino, Italy.
- de Vreede, T., Reiter-Palmon, R., & Ligon, G. (2013). Introduction to Creativity and Innovation in Teams and Organizations Minitrack. *46th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)* (pág. 194). Manoa, Hawaii, USA: IEEE.
- Dentler, K., Cornet, R., Ten Teije, A., & De Keizer, N. (2011). Comparison of reasoners for large ontologies in the OWL 2 EL profile. *Semantic Web (SEMWEB)*, 2(2), 71-87.
- Devedžić, V. (2006). *Semantic web and education* (Vol. 12). Springer Berlin Heidelberg.
- Diamantini, C., Potena, D., & Storti, E. (2014). Data mart reconciliation in virtual innovation factories. *26th Advanced Information Systems Engineering Workshops (CAiSE)* (págs. 274-285). Thessaloniki, Greece: Springer International Publishing.
- Diamantini, C., Potena, D., Proietti, M., Smith, F., Storti, E., & Taglino, F. (2013). A semantic framework for knowledge management in virtual innovation factories. *International Journal of Information System Modeling and Design (IJISMD)*, 4(4), 70-92.
- Diener, K., & Piller, F. (2009). *Open Innovation Accelerator Survey 2009*. RWTH Aachen University, TIM Group.
- DiFranzo, D., Erickson, J. S., Gloria, M. J., Luciano, J. S., McGuinness, D. L., & Hendler, J. (2014). The web observatory extension: facilitating web science collaboration through semantic markup. *International World Wide Web Conference (WWW)*, (pág. International conference on World wide web). Seoul, Korea.
- Dill, S., Eiron, N., Gibson, D., Gruhl, D., Guha, R., Jhingran, A., & Zien, J. Y. (2003). SemTag and Seeker: Bootstrapping the semantic web via automated semantic annotation. *12th international conference on World Wide Web* (págs. 178-186). ATM.
- Dooly, Z., Galvin, S., Power, J., Renard, B., & Seldeslachts, U. (2014). IPACSO: Towards Developing an Innovation Framework for ICT Innovators in the Privacy and CyberSecurity Markets. *Cyber Security and Privacy*, 148-158.
- Doroodian, M., Ab Rahman, M. N., Kamarulzaman, Y., & Muhamad, N. (2014). Designing and Validating a Model for Measuring Innovation Capacity Construct. *Advances in Decision Sciences (ADS)*, 20(1), 52 - 88.

- Draganidis, F. (2006). An Ontology Based Tool for Competency Management and Learning Paths. *I-KNOW '06*. Graz.
- Draganidis, F., Chamopoulou, P., & Mentzas, G. (2008). A semantic web architecture for integrating competence management and learning paths. *Journal of Knowledge Management (JKM)*, 12(6), 121-136.
- Edwards, P. P., Mellish, C., Eckhardt, A., Ponnampereuma, K., Bouttaz, T., & Gotts, N. (2014). Lessons learnt from the deployment of a semantic virtual research environment. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 27, 70-77.
- EFQM. (2000). *Modelo EFQM de Excelencia*. Fundación Europea para la Gestión de la Calidad.
- EFQM. (2013). Modelo de excelencia EFQM.
- Eisinger, D., Mönnich, J., & Schroeder, M. (2014). Developing Semantic Search for the Patent Domain. *International Workshop on Patent Mining and Its Applications (IPAMIN)*. Hildesheim, Germany.
- Essmann, H., & Du Preez, N. (2009). An innovation capability maturity model—development and initial application. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 53, 435-446.
- European Commission. (2014). *ICT 2015 - Information and Communications Technologies*. Obtenido de <http://ec.europa.eu/research/participants/portal/desktop/en/opportunities/h2020/topics/9085-ict-19-2015.html>
- Faham, J., Takouachet, N., & Legardeur, J. (2014). WeKeyInnovation, A Wiki Based on Crowdsourcing to Share Information about Innovation Support. *Advances in Production Management Systems (APMS)*, 289-297.
- Feldmann, N., Adam, M. T., & Bauer, M. (2014). Using Serious Games for Idea Assessment in Service Innovation. *European Conference on Information Systems (ECIS)*. Tel Aviv, Israel.
- Fensel, D. (2001). *Ontologies*. Springer Berlin - Heidelberg.
- Fensel, D., van Harmelen, F., Klein, M., Akkermans, H., Broekstra, J., Fluit, C., . . . Horrocks, I. (2000). On-To-Knowledge: Ontology-based Tools for Knowledge Management. *eBusiness and eWork 2000 (EMMSEC 2000) Conference*. Madrid.
- Fernández-Breis, J. (2003). Un Entorno para la Integración de Ontologías para el Desarrollo de Sistemas para la Gestión de Conocimiento. *Tesis doctoral*. Universidad de Murcia.
- Fernández-López, M., Gómez-Pérez, A., & Juristo, N. (1997). METHONTOLOGY: from ontological art towards ontological engineering. *AAAI97 - National Conference on Artificial Intelligence*, (págs. 33–40). Stanford, CA.
- Fernández-López, M., Gómez-Pérez, A., Sierra, J. P., & Sierra, A. P. (1999). Building a chemical ontology using methontology and the ontology design environment. *IEEE Intelligent Systems*, 14(1), 37-46.
- Fleitman, J. (2000). *Negocios Exitosos*. McGraw Hil.
- Flynn, M., Dooley, L., O'Sullivan, D., & Cormican, K. (2003). Idea Management for Organisational Innovation. *International Journal of Innovation Management*, 7, págs. 417-442.

- Fokoue, A., Kershenbaum, A., Ma, L., Schonberg, E., & Srinivas, K. (2006). The summary abox: Cutting ontologies down to size. *Semantic Web-ISWC* (págs. 343-356). Springer Berlin Heidelberg.
- French, J. H. (2014). Implementing a living lab approach to foster innovation in an advanced software engineering course. *Technical symposium on Computer science education (SIGCSE)* (págs. 714-714). Atlanta, GA, USA: ACM.
- Gaeta, M., Orciuoli, F., Fenza, G., Mangione, G. R., & Ritrovato, P. (2012). A Semantic Approach for Improving Competence Assessment in Organizations. *Advanced Learning Technologies (ICALT)* (págs. 85-87). Rome Italy: IEEE.
- Galanakis, K., Passey, S., & Yazdani, B. (2000). A Management Tool for Innovation using Systems Thinking Approach. *Management of Innovation and Technology, ICMIT, Proceedings of the 2000 IEEE International Conference, 1*, págs. 378–83.
- Garcia, R., & Calantone, R. (2002). A critical look at technological innovation typology and innovativeness terminology: a literature review. *Journal of Product Innovation Management*, 19(2), 110–132.
- García-Moreno, C., Hernández-González, Y., Rodríguez-García, M. Á., Miñarro-Giménez, J. A., Valencia-García, R., & Almela, A. (2013). A Semantic based Platform for Research and Development Projects Management in the ICT Domain. *Journal of Universal Computer Science*, 19(3), 1914-1939.
- Garrido, M. (1991). *Lógica simbólica*. Tecnos.
- Gartner. (2015). Gartner's Market Guide for Innovation Management.
- Gawrysiak, P., Ryzko, D., Wiech, P., & Kozłowski, M. (2012). Retrieval and Management of Scientific Information from Heterogeneous Sources. En *Intelligent Tools for Building a Scientific Information Platform* (págs. 37-48). Springer Berlin Heidelberg.
- Ge, X. (2014). Key Element Identification in Cooperative Technological Innovation Risk on Social Network Analysis. *International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization (CSO)* (págs. 316-319). Beijing, China: IEEE.
- Gemünden, H. G., Killen, C., & Kock, A. (2013). A Special Issue of Creativity and Innovation Management: Implementing and Informing Innovation Strategies through Project Portfolio Management. *Creativity and Innovation Management*, 22(1), 103-104.
- Ghose, A. K., Morrison, E., & Gou, Y. (2013). A novel use of big data analytics for service innovation harvesting. *International Conference on Service Science and Innovation (ICSSI)* (págs. 208-214). Kaohsiung, Taiwan: IEEE.
- Gindy, N. (2008). Strategic technology alignment roadmapping STAR®: Aligning R&D Investments with Business Needs. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*.
- Gjorgjevik, A., Stojanov, R., & Trajanov, D. (2014). SemCCM: course and competence management in learning management systems using semantic web technologies. *International Conference on Semantic Systems (SEMANTICS)* (págs. 140-147). Vienna Austria: ACM.
- Gliedman, C. (2013). *The Forrester Wave™: Innovation Management Tools, Q3 2013*. Forrester Research.

- Gloet, M., & Samson, D. (2013). Knowledge management to support systematic innovation capability. *Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)* (págs. 3685-3694). Grand Wailea, Maui, Hawaii, USA: IEEE.
- Gloet, M., & Samson, D. (2014). Managing Knowledge and Innovation for Performance. *Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)* (págs. 3574-3583). Manoa, Hawaii, USA: IEEE.
- Gómez-Pérez, A., López-Cima, A., Suárez-Figueroa, C., & Corcho, O. (2006). Managing R&D European Projects with ODESeW. *International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management Managing Knowledge in a World of Networks*.
- Gruber, T. R. (1995). Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. *International journal of human-computer studies*, 43(5), 907-928.
- Guéret, C., Boyera, S., Powell, M., & Murillo, M. (2015). The Semantic Web for all. *Semantic Web (SEMWEB)*, 6(1), 3-4.
- Gupta, V., & Gupta, B. (2014). Flexible strategic framework for managing innovation from perspective of continuity and change: A study of SMEs in India. *Business Process Management Journal (BPMJ)*, 20(3), 502-522.
- Hacklin, F., & Marxt, C. (2004). Decision support for strategic partner selection in collaborative design innovation. *International Design Conference*, 3, págs. 1403-1408. Dubrovnik, Croatia.
- Häggman, S. K. (2009). Functional actors and perceptions of innovation attributes: influence on innovation adoption. *European Journal of Innovation Management*, 12(3), 386 - 407.
- Hahn, A., & Eschenbaecher, J. (2004). Approach for Implementing Non-Linear Distributed Innovation Management Methodologies In Collaborative Industrial Networks. *Virtual Enterprises and Collaborative Networks*, 481-490.
- Hameed, A., Sleeman, D., & Preece, A. (2002). Detecting mismatches among experts' ontologies acquired through knowledge elicitation. *Knowledge-Based Systems*, 15(5), 265-273.
- Handschuh, S., & Staab, S. (2003). CREAM: CREATing Metadata for the Semantic Web. *Computer Networks*, 42(5), 579-598.
- Handschuh, S., Staab, S., & Ciravegna, F. (2002). S-CREAM—semi-automatic creation of metadata. *Knowledge Engineering and Knowledge Management: Ontologies and the Semantic Web*, 358-372.
- Hargadon, A. (2003). *How Breakthroughs Happen: The Surprising Truth About How Companies Innovate*. Harvard Business School Press.
- Hayes-Roth, F. (1985). Rule-based systems. *Communications of the ACM*, 28(9), 921-932.
- He, Y., & Li, Y. (2014). Research of Semantic Role Labeling and Application in Patent knowledge Extraction. *International Workshop on Patent Mining and Its*. Hildesheim, Germany: Ceur-[ws.org](http://www.cseur.org).
- Hendler, J., & Hugill, A. (2013). The syzygy surfer:(Ab) using the semantic web to inspire creativity. *International Journal of Creative Computing (ijcrc)*, 1(1), 20-34.

- Hennala, L., Parjanen, S., & Uotila, T. (2011). "Challenges of multi-actor involvement in the public sector front-end innovation processes: Constructing an open innovation model for developing well-being services. *European Journal of Innovation Management*, 14(3), 364-387.
- Herndon, B., Shalley, C. E., & Koseoglu, G. (2013). Creative Process in the Face of Change: How Teams Experience and Respond to Pressure. *Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)* (págs. 205-214). Manoa, Hawaii, USA: IEEE.
- Hervas-Oliver, J. L., Sempere-Ripoll, F., Boronat-Moll, C., & Rojas, R. (2015). Technological innovation without R&D: unfolding the extra gains of management innovations on technological performance. *Technology Analysis & Strategic Management (TAASM)*(27), 19-38.
- Herzog, C. (2014). Science funding and science policy: Big data as a tool for supporting the research funding process. *Information Services and Use (ISU)*, 34(3), 201-207.
- Higgins, P. G., & Yarahmadi, M. (2014). Cooperation as a Driver of Development and Diffusion of Environmental Innovation. *Advances in Production Management Systems: Innovative and Knowledge-Based Production Management in a Global-Local World (APMS)*, 374-381.
- Hjalmarsson, A., Johannesson, P., Jüll-Skielse, G., & Rudmark, D. (2014). Beyond innovation contests: A framework of barriers to open innovation of digital services. *Conference of the European Colloid and Interface Society*. Limassol.
- Horridge, M., & Bechhofer, S. (2011). The owl api: A java api for owl ontologies. *Semantic Web*, 2(1), 11-21.
- Horrocks, I. (2005). Owl: A description logic based ontology language. *Computer Science*, 5-8.
- Hrastinski, S., Kviselius, N. Z., Ozan, H., & Edenius, M. (2010). A review of technologies for open innovation: Characteristics and future trends. *International Conference on System Sciences (HICSS)* (págs. 1-10). Manoa, Hawaii, USA: IEEE.
- Hu, R., Zhu, Y., & Jin, Y. (2013). Semantic Analysis of Chinese Prepositional Phrases for Patent Machine Translation. En *Chinese Computational Linguistics and Natural Language Processing Based on Naturally Annotated Big Data* (págs. 333-342). Springer Berlin Heidelberg.
- Huizingh, E. K. (2011). Open innovation: State of the art and future perspectives. *Technovation*, 31(1), 2-9.
- Hurmelinna-Laukkanen, P. (2011). Enabling collaborative innovation – knowledge protection for knowledge sharing. *European Journal of Innovation Management*, 14(3), 303-321.
- Hüsig, S., & Kohn, S. (2011). Open CAI 2.0 - Computer Aided Innovation in the era of open innovation and Web 2.0. *Computers in Industry*, 62(4), 407-413.
- IBM. (2006). *Expanding the Innovation Horizon - The Global CEO Study 2006*. IBM.
- Iqbal, R., Murad, M. A., Mustapha, A., & Sharef, N. M. (2013). An analysis of ontology engineering methodologies: A literature review. *esearch journal of applied sciences, engineering and technology*, 6(16), 2993-3000.

- Isaja, M. (2014). System Architecture of the BIVEE Platform for Innovation and Production Improvement. *Advanced Information Systems Engineering (CAiSE) Workshops* (págs. 250-255). Thessaloniki, Greece: Springer International Publishing.
- ISO - International Organization for Standardization. (2004). ISO 14001:2004 - Sistemas de gestión ambiental: Requisitos con orientación para su uso.
- ISO - International Organization for Standardization. (2005). ISO 9000:2005 - Sistemas de gestión de la calidad - Fundamentos y vocabulario.
- ISO - International Organization for Standardization. (2008). ISO 9001:2008 - Sistemas de gestión de la calidad.
- Janev, V., & Vraneš, S. (2010). Applicability Assessment of Semantic Web Technologies in Human Resources Domain. *Information Resources Management Journal (IRMJ)*, 23(3), 27-42.
- Jena, A. (2013). Reasoners and rule engines: Jena inference support. *The Apache Software Foundation*.
- Jetzek, T., Avital, M., & Bjorn-Andersen, N. (2014). Data-driven innovation through open government data. *Journal of theoretical and applied electronic commerce research (JTAER)*, 9(2), 100-120.
- Jiménez-Jiménez, D., Martínez-Costa, M., & Sanz-Valle, R. (2014). Knowledge management practices for innovation: A multinational corporation's perspective. *Journal of Knowledge Management (JKM)*, 18(5), 905-918.
- Job, P. A., & Bhattacharyya, S. (2007). Creativity and Innovation for Competitive Excellence in Organizations. *Conference on Global Competition and Competitiveness of Indian Corporate*.
- Jonas, D. (2010). Empowering project portfolio managers: How management involvement impacts project portfolio management performance. *Journal of Project Management*, 28(8), 818-831.
- Kalyanpur, A., Hendler, J., Parsia, B., & Golbeck, J. (2006). *SMORE -Semantic Markup, Ontology, and RDF Editor*. Technical paper, Maryland University, College Park.
- Kalyanpur, A., Parsia, B., Sirin, E., Grau, B. C., & Hendler, J. (2006). Swoop: A web ontology editing browser. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 4(2), 144-153.
- Kamoun, A., & Tazi, S. (2014). A semantic role-based access control for intra and inter-organization collaboration. *International Conference on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (WETICE)* (págs. 86-91). Parma Italy : IEEE.
- Karsak, E. (2006). A Generalized Fuzzy Optimization Framework for R&D Project Selection Using Real Options Valuation. *International Conference on Computing, Communications, Systems and Applications*, (págs. 918-927). Berlin, Heidelberg, New York.
- Kerssens-van Drongelen, I., Weerd-Nederhof de, P., & Fisscher, O. (1996). Describing the issues of knowledge management in R&D: towards a communication and analysis tool. *R&D Management*, 26(3), 213-230.
- Keskisärkkä, R. (2014). Semantic Complex Event Processing for Decision Support. *International Semantic Web Conference* (págs. 529-536). Trentino Italy: Springer International Publishing.

- Khelif, K., Hedhili, A., & Collard, M. (2008). Semantic Patent Clustering for Biomedical Communities. *International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology. 1*, págs. 419-422. Sydney, Australia: IEEE/WIC/ACM.
- Kifer, M. (2005). Rules and Ontologies in F-logic. *Computer Science*, 3564, 22-34.
- Kim, H. J., Zhu, Y., Kim, W., & Sun, T. (2014). Dynamic faceted navigation in decision making using Semantic Web technology. *Decision Support Systems (DSS)*, 61, 59-68.
- Kim, S. K. (2014). Explicit Design of Innovation Performance Metrics by Using Analytic Hierarchy Process Expansion. *International Journal of Mathematics and Mathematical Sciences (IJMMSC)*.
- Kleis, L., Nault, B. R., & Dexter, A. S. (2014). Producing Synergy: Innovation, IT, and Productivity. *Decision Sciences*, 45(5), 939-969.
- Knoke, B. (2013). A Short Paper on Innovation Capability Maturity within Collaborations. *NGEBIS Short Papers*, 7-11.
- Knudsen, M., & Mortensen, T. (2010). Some immediate -but negative- effects of openness on product development performance. *Technovation*, 31, 54-64.
- Kontokostas, D. L., Milosevic, U., Petrovski, P., Svátek, V., Stanojevic, M., & Zamazal, O. (2014). Knowledge Base Creation, Enrichment and Repair. En *Linked Open Data-Creating Knowledge Out of Interlinked Data* (págs. 45-70). Springer International Publishing.
- Kowalski, M., Slezak, D., Stencel, K., Pardel, P., Grzegorowski, M., & Kijowski, M. (2014). RDBMS model for scientific articles analytics. En *Intelligent Tools for Building a Scientific Information Platform* (págs. 49-60). Springer Berlin Heidelberg.
- Kraslawski, A. (2006). Semantic Analysis for Identification of Portfolio of R&D projects - Example of Microencapsulation. *Computer Aided Chemical Engineering*, 21, 1905–1910.
- Kuczynski, A., Stokic, D., & Kirchoff, U. (2006). Set-up and maintenance of ontologies for innovation support in extended enterprises. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 29(3-4), 398-407.
- Kwak, Y. H., & Watson, R. J. (2004). Conceptual estimating tool for technology-driven projects: exploring parametric estimating technique. *Technovation*, 25(12), 1430-1436.
- Kwon, L. N., Choi, K. S., Kim, J. S., Jhun, S. J., & Kim, Y. K. (2014). A study on semantic web design for global national R&D status analysis - Focusing on the use of LOD Cloud. *Cluster Computing (CLUSTER)*, 17(3), 791-804.
- Latorre-Zacarés, J., Salinas-Pardo, C., & Hernández-Muñoz, P. (2011). Sistema de gestión de ideas innovadoras y oportunidades de negocio a partir de la Vigilancia Tecnológica. *VISIO 2011 - Congreso Internacional sobre vigilancia e inteligencia sistemática para la innovación en las organizaciones*. Bilbao.
- Lau, T., & Sure, Y. (2002). Introducing ontology-based skills management at a large insurance company. *Modellierung*. Tutzing.
- Laursen, K., & Foss, N. (2003). New HRM Practices, Complementarities, and the Impact on Innovation Performance. *Cambridge Journal of Economics*, 27(2), 243–263.

- Lee, C., Rahayu, W., & Nguyen, U. T. (2014). Knowledge management technologies for semantic multimedia services. *Multimedia Tools Appl*, 71(1), 195-198.
- Lee, C., Song, B., & Park, Y. (2013). How to assess patent infringement risks: a semantic patent claim analysis using dependency relationships. *Technology Analysis & Strategic Management (TAASM)*, 25(1), 23-38.
- Lee, J., Upadhyaya, S. J., Rao, H. R., & Sharman, R. (2005). Secure knowledge management and the semantic web. *Communications of the ACM*, 48(12), 48-54.
- Lenat, D. B. (1995). CYC: A large-scale investment in knowledge infrastructure. *Communications of the ACM*, 38(11), 33-38.
- Levine, S. S., & Prietula, M. J. (2013). Open Collaboration for Innovation: Principles and Performance. *Published Online*, 25(5), 1414 - 1433.
- Li, D. (2006). Knowledge protection and partner selection in R&D alliances. *Doctoral dissertation, Texas A&M University*.
- Li, D., Eden, L., & Ireland, R. (2008). Friends, acquaintances, or strangers? Partner selection in R&D alliances. *Academy of Management Journal*, 51(2), 315-334.
- Li, S., & Chang, W. (2009). Exploiting and transferring presentational knowledge assets in R&D organizations. *Expert Systems with Applications*, 36(1), 766-777.
- Li, S., Song, L., & Zhao, H. (2014). A Discriminant Framework for Detecting Similar Scientific Research Projects Based on Big Data Mining. *BigData Congress* (págs. 478-481). Anchorage Alaska: IEEE.
- Li, T., Qi, E., & Huang, Y. (2014). Grey clustering evaluation based on triangular whitenization weight function of enterprise's management innovation performance. *Grey Systems: Theory and Application*, 4(3), 436-446.
- Liao, C., Wang, H. Y., Chuang, S. H., Shih, M. L., & Liu, C. (2010). Enhancing knowledge management for R&D innovation and firm performance: An integrative view. *African journal of business management*, 4(14), 3026-3038.
- Liao, S. H., & Wu, C. (2010). System perspective of knowledge management, organizational learning, and organizational innovation. *Expert Systems with Applications*, 37(2), 1096-1103.
- Lin, C. Y.-Y., & Liu, F.-C. (2012). A cross-level analysis of organizational creativity climate and perceived innovation. The mediating effect of work motivation. *European Journal of Innovation*, 15.2012(1), 55-76.
- Liou, Y., & Chen, M. (2011). Using Collaborative Technology for TRIZ Innovation Methodology. *International Journal of Electronic Business Management (IJEEM)*, 9(1), 12-23.
- Liu, C., Yang, D., & Wang, Y. (2011). Domain ontology and semantic web applications for study of web competitive intelligence analysis system. *International Journal of Web Science (IJWS)*, 1(1), 99-113.
- Liu, O., & Ma, J. (2010). A multilingual ontology framework for R&D project management systems. *Expert Systems with Applications*, 37, 4626-4631.

- Lu, J., Shambour, Q., Xu, Y., Lin, Q., & Zhang, G. (2013). A Web-Based Personalized Business Partner Recommendation System using Fuzzy Semantic Techniques. *Computational Intelligence (CI)*, 29(1), 37-69.
- Macías, Y., Guzmán, M. V., & Martínez, Y. (2009). Modelo de evaluación para software que emplean indicadores métricos en la vigilancia científico-tecnológica. *ACIMED*, 20(6).
- Maedche, A., & Staab, S. (2001). Ontology learning for the semantic web. *IEEE Intelligent systems*, 16(2), 72-79.
- Makkonen, T., & Inkinen, T. (2014). Innovation quality in knowledge cities: Empirical evidence of innovation award competitions in Finland. *Expert Systems with Applications*, 41(12), 5597-5604.
- Marques, M., Alves, J., & Saur, I. (2005). Creating and Sustaining Successful Innovation Networks. *DRUID Conference*. Copenhagen, Denmark.
- Martin, M., Stadler, C., Frischmuth, P., & Lehmann, J. (2014). Increasing the financial transparency of european commission project funding. *Semantic Web (SEMWEB)*, 5(2), 157-164.
- Martins, E. C., & Terblanche, F. (2003). Building organizational culture that stimulates creativity and innovation. *European Journal of Innovation Management*, 6(1), 64-74.
- Mathisen, G. E., & Einarsen, S. (2004). A Review of Instruments Assessing Creative and Innovative Environments Within Organizations. *Creativity Research Journal*, 16(1), 119-140.
- McAdam, R. (2000). Knowledge Management as a Catalyst for Innovation within Organizations: A Qualitative Study. *Knowledge and Process Management*, 7(4), 233-41.
- McAdam, R., & McClelland, J. (2002). Individual and team-based idea generation within innovation management: organizational and research agendas. *European Journal of Innovation Management*, 5(2), 86-97.
- Meade, L., & Presley, A. (2002). R&D Project Selection Using the Analytic Network Process. *IEEE Potentials*, 21(2), 22-28.
- Meersman, D., & Dillon, T. (2010). The open innovation paradigm and the semantic web: an ontology for distributed product innovation. *Computer Science*, 6428, 49-52.
- Mendoza, L., Zuccarelli, G., Díaz, A., & Fernández, A. (2014). The Semantic Web as a Platform for Collective Intelligence. *Collaboration and Technology*, 255-262.
- Mention, A. (2010). Co-operation and co-petition as open innovation practices In the service sector: Which influence on innovation novelty? *Technovation*.
- Mezaour, A. D., Van Nuffelen, B., & Blaschke, C. (2014). Building Enterprise Ready Applications Using Linked Open Data. En *Linked Open Data-Creating Knowledge Out of Interlinked Data* (págs. 155-174). Springer International Publishing.
- Mika, P. T. (2014). The Semantic Web – ISWC 2014. *13th International Semantic Web Conference* (págs. 19-23). Riva del Garda, Italy: Srpinger.
- Mikkola, J. H. (2001). Portfolio management of R&D projects: implications for innovation management. *Technovation*, 21, 423-435.

- Miller, L., Seaborne, A., & Reggiori, A. (2002). Three implementations of SquishQL, a simple RDF query language. *The Semantic Web—ISWC* (págs. 423-435). Springer Berlin Heidelberg.
- Miñarro-Giménez, J. A. (2012). Entorno para la gestión semántica de información biomédica en investigación traslacional. *Universidad de Murcia*. Murcia.
- Moeller, A., & Moehrle, M. G. (2015). Completing keyword patent search with semantic patent search: introducing a semiautomatic iterative method for patent near search based on semantic similarities. *Scientometrics*, *102*(1), 77-96.
- Montelisciani, G., Gabelloni, D., Tazzini, G., & Fantoni, G. (2014). Skills and wills: the keys to identify the right team in collaborative innovation platforms. *Technology Analysis & Strategic Management (TAASM)*, *26*(6), 687-702.
- Moscarola, J., Baulac, Y., & Bolden, R. (1998). Technology watch via textual data analysis. *4th Conference on Current Research Information Systems in Europe*. Luxembourg.
- Motik, B., Sattler, U., & Studer, R. (2004). Query answering for OWL-DL with rules. *The Semantic Web—ISWC* (págs. 549-563). Springer Berlin Heidelberg.
- Mu, J., Tang, F., & MacLachlan, D. L. (2010). Absorptive and disseminative capacity: Knowledge transfer in intraorganization networks. *Expert Systems with Applications*, *37*, 31–38.
- Muller, S. D., Ulrich, F., & Nielsen, P. A. (2014). When Process Is Getting in the Way of Creativity and Innovation. *Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)* (págs. 221-229). Manoa, Hawaii, USA: IEEE.
- Murah, M. Z., Abdullah, Z., Hassan, R., Bakar, M. A., Mohamed, I., & Amin, H. M. (2013). Kacang Cerdik: A Conceptual Design of an Idea Management System. *International Education Studies*, *6*(6), 178-184.
- Nakamura, M. (2003). Research alliances and collaborations: introduction to the special issue. *Managerial and Decision Economics*, *24*(2/3), 47–49.
- Nan, N., Zmud, R., & Yetgin, E. (2014). A complex adaptive systems perspective of innovation diffusion: an integrated theory and validated virtual laboratory. *Computational and Mathematical Organization Theory (CMOT)*, *20*(1), 52-88.
- Naranjo-Valencia, J., Sanz-Valle, R., & Jimenez, D. (2010). Organizational culture as determinant of product innovation. *European Journal of Innovation management*, *13*, 4, 466-480.
- Nayebi, M., & Ruhe, G. (2014). Analytical Open Innovation for Value-Optimized Service Portfolio Planning. *Lecture Notes in Business Information Processing (LNBIP)*, *182*, 273-288.
- Nebel, B. (1999). Frame-based systems. En *MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences* (págs. 324-325). Cambridge, MA: MIT Press.
- Nemrava, J. K., Svátek, V., Ralbovský, M., Šplíchal, J., & Vejlupek, T. (2008). Semantic annotation and linking of competitive intelligence reports for business clusters. *International Workshop on Ontology-Supported Business Intelligence (OBI)* (pág. 9). ACM.
- Nguyen, H. S., Slezak, D., Skowron, A., & Bazan, J. G. (2012). Semantic search and analytics over large repository of scientific articles. En *Intelligent Tools for Building a Scientific Information Platform* (págs. 1-8). Springer Berlin Heidelberg.

- Nieters, J., & Pande, A. (2012). Rapid design labs: a tool to turbocharge design-led innovation. *ACM*, 19(3), 72-77.
- Ning, K., O'Sullivan, D., Zhu, Q., & Decker, S. (2006). Semantic innovation management across the extended enterprise. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 1(1), 109-128.
- Nobelius, D. (2004). Towards the sixth generation of R&D management. *International Journal of Project Management*, 22, 369-375.
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The Knowledge-Creating Company : How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. Oxford University Press.
- Nonaka, I., Tomaya, R., & Konno, N. (2000). SECI, Ba and leadership: a unified model of dynamic knowledge creation. *Long range planning*, 33(1), 5-34.
- Noy, N. F., & Musen, M. A. (2000). PROMPT: Algorithm and tool for automated ontology merging and alignment. *17th National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-00)* (págs. 450-455). AAAI Press.
- OCDE. (2002). *Manual de Frascati. Propuesta de Norma Práctica para Encuestas de Investigación y Desarrollo Experimental*. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.
- OCDE. (2005). *Manual de Oslo*.
- Oh, C., Cho, Y., & Kim, W. (2015). The effect of a firm's strategic innovation decisions on its market performance. *Technology Analysis & Strategic Management (TAASM)*, 27(1), 39-53.
- Oliveira, P., & Rocha, J. (2013). Semantic annotation tools survey. *IEEE Symposium on Computational Intelligence and Data Mining (CIDM)* (págs. 301-307). Singapore: IEEE.
- Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. (s.f.). *¿Qué es La propiedad intelectual?* (Vol. 450). OMPI. Obtenido de <http://www.wipo.int/about-ip/es/>
- Pantaleón, I. (2014). Equipos de alto rendimiento creativo - Módulo 1. En I. Pantaleón, *Equipos de alto rendimiento creativo*.
- Papageorgiou, E. I., Huszka, C., De Roo, J., Douali, N., Jaulent, M. C., & Colaert, D. (2013). Application of probabilistic and fuzzy cognitive approaches in semantic web framework for medical decision support. *Computer Methods and Programs in Biomedicine (CMPB)*, 112(3), 580-598.
- Park, J., & Park, H. A. (2014). Patterns of Designer-User Interactions in the Design Innovation Process. *Association for Information Systems Conference (AMCIS)*.
- Park, S. C. (2014). Competition and innovation for smart and creative society (CISCS). *AI and Society (AIS)*, 283-287.
- Peng, J., Zhang, G., Fu, Z., & Tan, Y. (2014). An empirical investigation on organizational innovation and individual creativity. *Information Systems and e-Business Management (ISEM)*, 12(3), 465-489.
- Perez, A., Larrinaga, F., & Curry, E. (2013). The Role of Linked Data and Semantic-Technologies for Sustainability Idea Management. *Software Engineering and Formal Methods (SEFM)*, 306-312.

- Perez, A., Larrinaga, F., Lizarralde, O., & Santos, I. (2013). INNOWEB: Gathering the context information of innovation processes with a collaborative social network platform. *International Conference on Concurrent Enterprising (ICE)*. St. Charles, Illinois.
- Pesonen, P. (2008). Innovation and dynamic strategy. *The third European Conference on Management of Technology*, (págs. 17-19).
- Plessis, M. d. (2007). The role of knowledge management in innovation. *Journal of Knowledge Management*, 11(4), 20 - 29.
- Podgorelec, V., Pavlic, L., & Hericko, M. (2007). Semantic web based integration of knowledge resources for supporting collaboration. *INFORMATICASI - Informatica (slovenia)*, 31(1), 85-9.
- Popov, B., Kiryakov, A., Kirilov, A., Manov, D., Ognyanoff, D., & Goranov, M. (2003). KIM-semantic annotation platform. *Semantic Web-ISWC 2003* (págs. 834-849). Springer Berlin Heidelberg.
- Poveda, G., Westerski, A., & Iglesias, C. A. (2012). Application of semantic search in Idea Management Systems. *Internet Technology And Secured Transactions (ICITST)* (págs. 230-236). London UK: IEEE.
- Premkumar, V. (2014). A semantic knowledge management system for laminated composites. *Advanced engineering informatics*, 28(1), 91-101.
- Przybyla, P., Sznajd-Weron, K., & Weron, R. (2014). Diffusion of innovation within an agent-based model: Spinons, independence and advertising. *Advances in Complex Systems (ADVCS)*, 17(1).
- Quelin, B. (2000). Core competencies, R&D management and partnerships. *European Management Journal*, 18(5), 476.
- Raymond, L., Uwizeyemungu, S., Fabi, B., & St-Pierre, J. (2014). IT Capability Configurations for Innovation: An Empirical Study of Industrial SMEs. *Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)* (págs. 3939-3948). Manoa, Hawaii, USA: IEEE.
- Reeve, L., & Han, H. (2005). Survey of semantic annotation platforms. *2005 ACM symposium on Applied computing* (págs. 1634-1638). New York, NY: ACM.
- Riedl, C., Blohm, I., Leimeister, J. M., & Krcmar, H. (2010). Rating Scales for Collective Intelligence in Innovation Communities: Why Quick and Easy Decision Making Does Not Get it Right. *Thirty First International Conference on Information Systems*. St. Louis.
- Riedl, C., May, N., Finzen, J., Stathel, S., Kaufman, V., & Krcmar, H. (2009). An Idea Ontology for Innovation Management International. *Journal on Semantic Web and Information Systems (IJSWIS)*, 5(4), 1-18.
- Riedl, C., May, N., Finzen, J., Stathel, S., Leidig, T., Kaufman, V., . . . Krcmar, H. (2009). Managing service innovations with an idea ontology. *European Association for Research on Services*. Budapest.
- Rindasu, V., & Mihajlovic, I. (2008). Idea Management for Organisational Innovation. *Analele Universităţii - Eftimie Murgu*, 1453 - 7397.

- Ritala, P., & Sainio, L. M. (2014). Coopetition for radical innovation: technology, market and business-model perspectives. *Technology Analysis & Strategic Management*, 26(2), 155-169.
- Rodríguez, L., Díaz, J., Garbajosa, J., Pérez, J., & Yague, A. (2014). A Framework for Positioning and Assessing Innovation Capability from an Organizational Perspective. *Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)* (págs. 3564-3573). Manoa, Hawaii, USA: IEEE.
- Rodríguez-García, M. Á. (2014). Extracción semántica de información basada en evolución de ontologías.
- Rodríguez-García, M. A., Valencia-García, R., García-Sánchez, F., & Samper-Zapater, J. J. (2014). Creating a semantically-enhanced cloud services environment through ontology evolution. *Future Generations in Computer Systems*, 32, 295–306.
- Rodríguez-García, M. A., Valencia-García, R., García-Sánchez, F., & Samper-Zapater, J. J. (2014). Ontology-based annotation and retrieval of services in the Cloud. *Knowledge-Based Systems*, 56, 15-25.
- Rötzel, P. G., & Lohmann, C. (2014). The Influence of the perception of Fairness on Innovation Idea Value and Knowledge Sharing Behavior in Innovation Idea Networks. *European Conference on Information Systems (ECIS)*. Tel Aviv, Israel: eLibrary.
- Rousidis, D., Garoufallou, E., Balatsoukas, P., & Sicilia, M. A. (2014). Metadata for Big Data: A preliminary investigation of metadata quality issues in research data repositories. *Information Services and Use*, 34(3), 279-286.
- Ryu, H. S., Lee, J. N., & Ham, J. (2014). Understanding the Role of Technology in Service Innovation: a Comparison of Three Theoretical Perspectives. *Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS)*. Chengdu China.
- Santanna, J. F., Rabelo, R. J., & Pereira-Klen, A. A. (2014). Enacting Innovation within Collaborative-Driven SOA Providers Networks. *Advances in Production Management Systems (APMS)*, 399-408.
- Schatten, M. (2013). Knowledge management in semantic social networks. *Computational & Mathematical Organization Theory (CMOT)*, 19(4), 538-568.
- Seeber, I., Waldhart, G., & Maier, R. (2014). IT Enablers for Task Organization and Innovation Support to drive Team Performance. *Association for Information Systems Conference (AMCIS)*.
- Seebode, C., Ort, M., Regenbrecht, C., & Peuker, M. (2013). BIG DATA infrastructures for pharmaceutical research. *International Conference on Big Data* (págs. 59-63). Santa Clara, CA, USA: IEEE.
- Seidler-de Alwis, R., Hartmann, E., & Gemünden, H. (2003). The role of tacit knowledge in innovation management. *19th Annual IMP Conference*. Lugano.
- Serrat, O. (2009). *Harnessing Creativity and Innovation in the Workplace*. Knowledge Solutions. Asian Development Bank.
- Shah, R., & Jain, S. (2014). Ontology-based Information Extraction: An Overview and a Study of different Approaches. *International Journal of Computer Applications*, 84(7).

- Shah, T., Rabhi, F., Ray, P., & Taylor, K. (2014). Enhancing Automated Decision Support across Medical and Oral Health Domains with Semantic Web Technologies. *arXiv*.
- Shapiro, S. (1995). *Propositional, First-Order And Higher-Order Logics: Basic Definitions, Rules of Inference, and Examples*. Menlo Park, CA: AAAI Press/The MIT Press.
- Shiramatsu, S., Swezey, R. M., Sano, H., Hirata, N., Ozono, T., & Shintani, T. (2012). Structuring japanese regional information gathered from the web as linked open data for use in concern assessment. *Electronic Participation*, 73-84.
- Shvaiko, P., Oltramari, A., Cuel, R., Pozza, D., & Angelini, G. (2010). Generating innovation with semantically enabled TasLab portal. *Semantic Web: Research and Applications*, 348-363.
- Sie, R. L., Bitter-Rijkema, M., Stoyanov, S., & Sloep, P. B. (2014). Factors that influence cooperation in networks for innovation and learning. *Computers in Human Behavior (CHB)*, 37, 377-384.
- Slimani, T. (2013). Semantic annotation: The mainstay of semantic web. *International Journal of Computer Applications Technology and Research*, 2(6), 763-770.
- Smith, F., & Taglino, F. (2014). Semantics-based social media for collaborative open innovation. *International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS)*, (págs. 345-352). Minneapolis, Minnesota, USA.
- Smith, F., Storti, E., & Taglino, F. (2014). Towards Semantic Collective Awareness Platforms for Business Innovation. *Advanced Information Systems Engineering Workshops (CAiSE)* (págs. 226-237). Thessaloniki, Greece: Springer International Publishing.
- Soeldner, J., Haller, J., Bullinger, A. C., & Moeslein, K. M. (2009). Supporting Research Collaboration - on the Needs of Virtual Research Teams. *9th Wirtschaftsinformatik*, (págs. 275-284). Vienna.
- Sowa, J. F. (2000). *Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations*. Pacific Grove, CA: Brooks Cole Publishing.
- Staab, S., & Studer, R. (2004). *Handbook on ontologies*. New York: Springer.
- Staab, S., Studer, R., Schnurr, H. P., & Sure, Y. (2001). Knowledge processes and ontologies. *IEEE Intelligent systems*, 16(1), 26-34.
- Stankovic, M., Musacchio, S., & Laublet, P. (2014). Social Networking for Open Innovation. En R. & Alhajj (Ed.), *Encyclopedia of Social Network Analysis and Mining* (págs. 1853-1861). Springer.
- Stathel, S., Finzen, J., Riedl, C., & May, N. (2008). Service Innovation in Business Value Networks. *XVIII International RESER Conference*, (págs. 288-302). Stuttgart, Germany.
- Sternberg, R. J. (1999). *Handbook of Creativity*. Cambridge University Press.
- Sure, Y., Akkermans, H., Broekstra, J., Davies, J., Ding, Y., Duke, A., & van Harmelen, F. (2003). On-To-Knowledge: Semantic Web-Enabled Knowledge Management. *Web Intelligence*, 277-300.

- Tan, F. T., Wang, W., & Tan, B. (2014). Toward Management Innovation for IT-Enabled Operational Agility: a Dependencies Perspective. *Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS)*. Chengdu China.
- Taymaz, H. M., Ozyer, T., & Cangelir, C. (2013). A knowledge-based semantic tool for standard part management in aerospace industry. *Information Reuse and Integration (IRI)*, 634-642.
- Tecniberia. (2010). Guía de Auditoría para Sistemas de Gestión de I+D+i implantados según UNE 166002:2006.
- Tekniker. (2008). Guía Práctica para la Implantación de la Norma "UNE 166002:2006 Gestión de la I+D+I: Requisitos del Sistema de Gestión de la I+D+I" en Empresas del Sector de la Edificación Residencial.
- Tossavainen, T., Shiramatsu, S., Ozono, T., & Shintani, T. (2014). Implementing a system enabling open innovation by sharing public goals based on linked open data. *Modern Advances in Applied Intelligence*, 98-108.
- Townsend, C. (2008). *The Three Archetypes Of Innovation Management Tools*. Forrester Research.
- Tsai, W. (2001). Knowledge transfer in intraorganizational networks: Effects of network position and absorptive capacity on business unit innovation and performance. *Academy of Management Journal*, 44(5), 996-1004.
- Tsarkov, D., & Horrocks, I. (2004). Reasoner Demonstrator - Ontology Infrastructure for Semantic Web. *IST Project 2001-33052 WonderWeb: Ontology Infrastructure for the Semantic Web*.
- Uribe Martínez, E. (2013). Guía practica para la implementación de un sistema de gestión de calidad basado en la norma ISO 9001:2008. Universidad Militar Nueva Granada.
- Urze, P., & Abreu, A. (2014). System Thinking to Understand Networked Innovation. *Collaborative Systems for Smart Networked Environments*, 327-335.
- Valencia-García, R., Rodríguez-González, A., & Colomo-Palacios, R. (2014). Special issue on Systems Development by Means of Semantic Technologies. *Science of Computer Programming*, 95, 1-2.
- Valtolina, S., Barricelli, B. R., & Sciarabba, M. (2014). CulturalWiki: A Semantic Map-Based Wiki for Interdisciplinary Collaboration. *International Journal of Design*, 18, 23-39.
- Vegetti, M., Leone, H., & Henning, G. (2011). PRONTO: An ontology for comprehensive and consistent representation of product information. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 24(8), 1305-1327.
- Verbano, C., & Nosella, A. (2010). Addressing R&D investment decisions: a cross analysis of R&D project selection methods. *European Journal of Innovation Management*, 13, 355-379.
- Verborgh, R. (2014). Serendipitous web applications through semantic hypermedia. Belgium: Ghent University.
- Vermaa, D., Mishrab, A., & Sinha, K. (2011). The development and application of a process model for R&D project management in a high tech firm: A field study. *Journal of Operations Management*, 29(5), 462-476.

- Voigt, M., & Bergener, K. (2013). Enhancing Creativity in Groups--Proposition of an Integrated Framework for Designing Group Creativity Support Systems. *Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)* (págs. 225-234). Manoa, Hawaii, USA: IEEE.
- Volz, R., Oberle, D., Staab, S., & Studer, R. (2002). Ontolift prototype. *WonderWeb project. Technical report D11*.
- Vrandečić, D., Pinto, S., Tempich, C., & Sure, Y. (2005). The DILIGENT knowledge processes. *Journal of Knowledge Management*, 9(5), 85-96.
- Vulturescu, V., Ghiculescu, D., & Titu, M. (2011). Computer aided SWOT analysis applied on evaluation of innovation potential in Central and South-East Europe. *The Management of Sustainable Development (MSD) journal*, 3(1), 11-19.
- Wang, F., Lin, L., Yang, S., & Zhu, X. (2013). A semantic query expansion-based patent retrieval approach. *International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD)* (págs. 572-577). Shenyang, China: IEEE.
- Wang, W., & Cheung, C. (2011). A Semantic-based Intellectual Property Management System (SIPMS) for supporting patent analysis. *Engineering Applications of Artificial Intelligence archive*, 4(8).
- Wei, C., & Chang, H. (2011). A new approach for selecting portfolio of new product development projects. *Expert Systems with Applications*, 38(1), 429-434.
- Weissenberger-Eibl, M., & Teufel, B. (2011). Organizational politics in new product development project selection. *European Journal on Innovation Management*, 14(1), 51-73.
- Westerski, A., & Iglesias, C. A. (2012). Mining sentiments in idea management systems as a tool for rating ideas. *International Conference on the Design of Cooperative Systems (COOP2012)*. Marseille, France.
- Westerski, A., Dalamagas, T., & Iglesias, C. A. (2013). Classifying and comparing community innovation in Idea Management Systems. *Decision Support Systems*, 54(3), 1316-1326.
- Westerski, A., Iglesias Fernandez, C. A., & Espinosa García, J. (2012). Idea relationship analysis in open innovation crowdsourcing systems. *Collaborative Computing: Networking, Applications and Worksharing (CollaborateCom)* (págs. 289-296). Pittsburgh, PA: IEEE.
- Westerski, A., Iglesias, C. A., & Nagle, T. (2011). The road from community ideas to organisational innovation: a life cycle survey of idea management systems. *International Journal of Web Based Communities*, 7(4), 493-506.
- Westerski, A., Iglesias, C. A., & Rico, F. T. (2010). A model for integration and interlinking of idea management systems. *Metadata and Semantic Research (MTSR)*, 183-194.
- Whelan, E., Conboy, K., Crowston, K., & Rossi, M. (2014). The Role of Information Systems in Enabling Open Innovation. *Journal of the Association for Information Systems (JAIS)*, 15(11).
- Wi, H., Oh, S., & Jung, M. (July de 2011). Virtual organization for open innovation: Semantic web based inter-organizational team formation. *Expert Systems with Applications*, 38(7), 8466-8476.
- Wróblewska, A., Podsiadly-Marczykowska, T., Bembenik, R., Protaziuk, G., & Rybinski, H. (2012). Methods and Tools for Ontology Building, Learning and Integration--Application in the

- SYNAT Project. En *Intelligent Tools for Building a Scientific Information Platform* (págs. 121-151). Springer Berlin Heidelberg.
- Xiang-yi, L., Qing-pu, Z., & Hong-yun, L. (2008). Partners selection for strategic technological innovation alliance from the knowledge perspective. *International Conference on Management Science and Engineering, 2008*, (págs. 1416-1421).
- Yang, Y., Lv, W., Hou, G., & Wang, J. (2014). A Partner Selection Method for Forming Innovation Alliance. *Journal of Software (JSW)*, 9(11), 2981-2988.
- Yoon, B., & Song, B. (2014). A systematic approach of partner selection for open innovation. *Industrial Management & Data Systems (IMDS)*, 114(7), 1068-1093.
- Yoon, B., Lee, S., & Lee, G. (2010). Development and application of a keyword-based knowledge map for effective research. *Scientometrics*, 85, 803-820.
- Yoon, J., & Kim, K. (2012). Detecting signals of new technological opportunities using semantic patent analysis and outlier detection. *Scientometrics*, 90(2), 445-461.
- Zabala-Iturriagoitia, J. M. (2014). Innovation management tools: implementing technology watch as a routine for adaptation. *Technology Analysis & Strategic Management*, 26(9), 1073-1089.
- Zanni-Merk, C., Cavallucci, D., & Rousselot, F. (2009). An ontological basis for computer aided innovation. *Computers in Industry*, 60(8), 563-574.
- Zhang, M. (2011). Firm-Level Performance Impact of IS Support For Product Innovation. *European Journal of Innovation Management*, 14(1), 118-132.
- Zhang, Y., Zhou, X., Porter, A. L., & Gomila, J. M. (2014). How to combine term clumping and technology roadmapping for newly emerging science & technology competitive intelligence: "problem & solution" pattern based semantic TRIZ tool and case study. *Scientometrics*, 101(2), 1375-1389.
- Zhu, y. (2010). *A bilingual fuzzy ontology-based approach to R&D project management*. City University of Hong Kong.
- Zou, Y., Finin, T., & Chen, H. (2005). F-owl: An inference engine for semantic web. *Formal Approaches to Agent-Based Systems* (págs. 238-248). Springer Berlin Heidelberg.
- Zuiderwijk, A., Helbig, N., Gil-García, J. R., & Janssen, M. (2014). Special Issue on Innovation through Open Data: Guest Editors' Introduction. *Journal of theoretical and applied electronic commerce research (JTAER)*, 9(2), 1-13.
- Zuiderwijk, A., Janssen, M., & Davis, C. (2014). Innovation with open data: Essential elements of open data ecosystems. *Information Polity (POLITY)*, 19(1-2), 17-33.
- Zuoming, Z., Wei, L., & Ming, Y. (2014). A Study on the "Inverted U" Relationship Between Open Innovation and Enterprise Innovation Capacity. *Journal of Industrial Technological Economics*, 1, 10.
- Zyngier, S., Gloet, M., & Samson, D. (2014). Introduction to HICCS-47 Minitrack: Knowledge Management for Innovation, Agility and Complexity Management. *Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*. Hilton Waikoloa, Big Island, Hawaii, USA: IEEE.