

SÁNCHEZ ROBLES, Jose⁽²⁾; BELÉN RIVERA, Epifanio⁽¹⁾; GÓMEZ DE LEÓN HIJES, Felix C. ⁽¹⁾; MARTÍNEZ GARCÍA, Fernando M. ⁽²⁾; ALARCÓN GARCÍA, Mariano⁽¹⁾

Jose_sanchez@takasago.com

⁽¹⁾Universidad de Murcia, Fac. de Química, Depto. Ingeniería de la información y las comunicaciones

⁽²⁾Takasago International Chemicals S.A., Departamento técnico

INTRODUCCIÓN

Actualmente la mayor parte de las empresas modernas han superado el anticuado concepto de que el crecimiento industrial depende únicamente de las actividades de estímulo económico dirigidas únicamente a la compra de nuevos equipos e instalaciones y ya consideran indispensable la utilización efectiva, mecánica y energéticamente, de las instalaciones ya existentes. Para ello es necesario disponer con un departamento de mantenimiento moderno y concienciado en la mejora continua. En este sentido el departamento de mantenimiento de la empresa Takasago International Chemical S.A. decidió realizar un análisis funcional del elemento más crítico de la instalación, económicamente hablando, los agitadores de los destiladores.

El estudio inicial consistió en un análisis de los históricos de medidas de vibración, y desveló comportamientos erráticos directamente relacionados con las condiciones funcionales del destilador.

Dichos comportamientos vibratorios tan dispares en condiciones funcionales relativamente similares, aunque no iguales, llevó a pensar que la razón podría residir en la excitación de frecuencias resonantes de alguno de los elementos constituyentes del equipo, por lo que fue seleccionado un destilador y se diseñó una metodología de análisis particularizada.

OBJETIVOS

- Comprobación de la hipótesis inicial de excitación de frecuencias resonantes.
- Determinación de las condiciones funcionales óptimas del agitador
- Disminución de los costes de mantenimiento

MÉTODO DE TRABAJO

La metodología general se muestra en los diagramas de bloque (Figs. 1 y 2) y consiste en dos tipos de análisis diferentes:

- **Análisis modal estático:** consiste en un análisis modal de vibración libre cuando el equipo se encuentra totalmente parado y enclavado, excitando mediante impactos puntuales la vibración libre de los elementos estructurales del equipo (Fig. 3).
- **Análisis modal dinámico:** consiste en la medida y análisis de las señales de vibración del agitador del destilador en marcha, acompañado de un análisis de su consumo energético (Fig. 4).

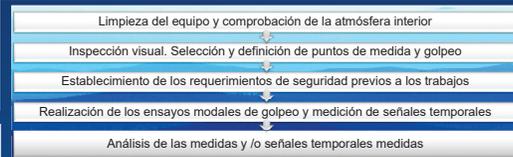


Figura 1. Diagrama de flujo del análisis modal estático.

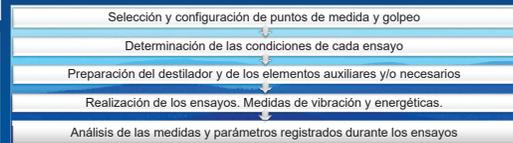


Figura 2. Diagrama de flujo del análisis modal dinámico.

RESULTADOS ALCANZADOS

Los efectos derivados del funcionamiento del equipo en condiciones de resonancia son diversos y todos ellos muy perjudiciales. Entre éstos efectos se pueden destacar: la aparición de importantes esfuerzos de fatiga en los componentes mecánicos del conjunto rotatorio y estructura de soporte, holguras y pérdidas en el cierre, sobrecargas en los rodamientos, desgaste prematuro del anillo elastomérico del acoplamiento, etc. En definitiva, el que un equipo trabaje en un régimen funcional inadecuado provoca sobre el mismo un envejecimiento prematuro así como la aparición repetitiva de fallos, con la correspondiente disminución de su MTBF, y elevados costes por reemplazo prematuro de componentes.

Debido a esto, tras el análisis, se realizó una clasificación de las frecuencias de trabajo del equipo (Tabla 1) estableciendo los regímenes funcionales óptimos para el mismo.

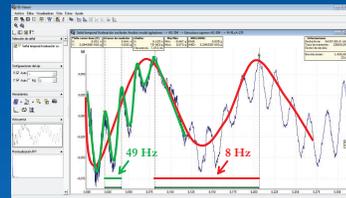


Figura 3. Espectro vibración en análisis estático.



Figura 4. Mapa espectral en el análisis dinámico.

Tabla 1. Categorías de la clasificación de frecuencias funcionales.

Categorías	Color	Descripción de la categoría
Peligrosa	Rojo	Frecuencia o intervalo frecuencial en el que se excita directamente al menos una de las frecuencias resonantes principales.
No recomendable	Naranja	Frecuencia o intervalo frecuencial en el que se excitan frecuencias secundarias o cuyos armónicos excitan frecuencias principales.
Permisible	Amarillo	Frecuencia o intervalo frecuencial que excita frecuencias resonantes poco importantes o cuyos armónicos excitan frecuencias secundarias.
Óptima	Verde	Aquellas frecuencias o intervalos frecuenciales cuyo conjunto armónico no coincide con ninguna frecuencia resonante del equipo.

Como puede compararse en la tabla de clasificación de frecuencias funcionales, en este equipo existe una zona frecuencial peligrosa. Esto es debido a que en el régimen normal de funcionamiento del equipo, el armónico 2X de la velocidad de giro del motor coincide prácticamente sobre la frecuencia natural situada en torno a 46 Hz. La frecuencia de alimentación óptima se sitúa alrededor de 40 Hz, y trabajar a esta frecuencia supone un ahorro energético algo superior al 30% con respecto a hacerlo a 50 Hz, sin que prácticamente afecte al nivel de agitación. Todo esto lleva a recomendar como régimen óptimo para este agitador el siguiente protocolo de operación:

- Frecuencia de 50 Hz durante los primeros 1000 dm³ destilados.
- Frecuencia de 40 Hz durante los siguientes 4500 dm³ destilados.
- Desconexión del agitador una vez destilados 5500 dm³.

Los resultados obtenidos en el análisis modal fueron sometidos a prueba con una serie de cargas productivas en las que se siguieron las directrices marcadas en dichos informes, obteniendo unos resultados realmente exitosos.

Tabla 2. Clasificación de frecuencias funcionales del destilador.

Frecuencia de Alimentación (Hz)	Categoría funcional	Código de color
30 - 32	Permisible	Amarillo
32 - 39	No recomendable	Naranja
39 - 42	ÓPTIMA	Verde
42 - 45	No recomendable	Naranja
45 - 47	Peligrosa	Rojo
47 - 49	No recomendable	Naranja
49 - 52	Permisible	Amarillo
52 - 55	No recomendable	Naranja

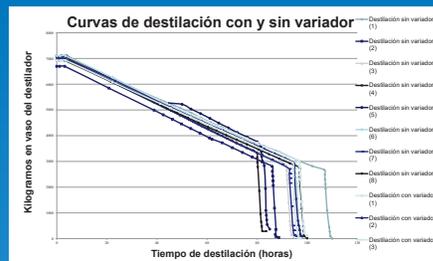


Figura 5. Destilación con y sin régimen funcional recomendado.

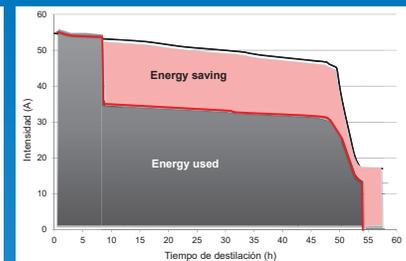


Figura 6. Ahorro energético por producción.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en las destilaciones realizadas tras ser implantadas las recomendaciones funcionales son realmente satisfactorios y beneficiosos, por lo que se puede afirmar que dicho régimen funcional es mejor que el anterior.

Por extensión de los resultados anteriormente citados, se puede afirmar igualmente que la novedosa metodología de análisis propuesta en este trabajo de investigación resulta válida y adecuada para la búsqueda de los mejores regímenes funcionales, mecánica y energéticamente hablando, de los agitadores de destiladores industriales.

Además, queda de manifiesto que las técnicas de análisis predictivo, y principalmente el análisis de vibraciones, son una herramienta realmente útil para las plantas de proceso, por lo que su campo de aplicación no debe limitarse al mantenimiento puro y duro sino extenderse hacia otras aplicaciones de reingeniería, en búsqueda de mayores beneficios y mejora de las instalaciones y procedimientos operacionales.

Referencias

- GONZALEZ FERNANDEZ, F.J. *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*. ESPAÑA 2005
- DE SILVA, C.W. *Vibration fundamentals and practice*. 2000
- GÓMEZ DE LEÓN, F.C. *Tecnología del mantenimiento industrial*. España 1998.
- VALVERDE, A. GÓMEZ DE LEÓN, F.C. *Análisis de mapas espectrales de vibración mediante el diagrama de evolución de armónicos*. ESPAÑA 1997.