

# 6 Sigma como metodología para conseguir ahorro energético en la industria

La situación energética española, con importantes crecimientos en cuanto a su demanda y una elevada dependencia externa, ha hecho que entre los objetivos de la política española y comunitaria en este sector se incluya la mejora de la eficiencia tanto en los procesos de transformación como en los sectores de uso final de la energía.



*Vista aérea de las instalaciones de Equipos Nucleares, S.A., en la bahía de Santander.*

Como respuesta a los objetivos que establece la Unión Europea y las pautas que marca la política energética comunitaria, se han aprobado en España sucesivos planes de estrategia de ahorro y eficiencia energética que han desarrollado múltiples acciones y líneas de subvenciones. Sin embargo, la identificación de las medidas que una empresa debe tomar no está exenta de dificultades. En primer lugar, el consumo energético puede verse influenciado por un elevado número de factores, y en segundo lugar existe una limitación

por parte de la normativa a la subvención que una sola empresa pueda recibir. Esto hace que la identificación de las variables significativas y la selección de las actuaciones deban ser rigurosas y efectivas.

Este artículo presenta la utilidad de la metodología 6 Sigma como vía para identificar las acciones que deben llevarse a cabo para reducir el consumo energético y mejorar la eficiencia energética, y cómo ha sido aplicada en las instalaciones de Equipos Nucleares, S.A.

## Selección del proyecto

La selección de este proyecto estuvo patrocinada por tres fuentes de identificación de áreas de mejora: el requerimiento por Medio Ambiente de una reducción del consumo de recursos naturales para realizar la actividad normal (comprometido en la política medioambiental de la empresa), los datos financieros de gestión empresarial que habían detectado un incremento del gasto energético no correspondido con un aumento de actividad, y la necesidad de priorización de inversiones con el objetivo de mejorar la eficiencia energética.

## Fase de definir

El objetivo de esta fase, en líneas generales, es concretar lo más posible el marco del proyecto. Determinar los clientes del proceso y sus necesidades concretas, poner cifras al problema y poner cifras a los beneficios esperados. Asimismo, hay que determinar cuál es el alcance del proyecto, saber qué se va a estudiar y qué se va a dejar fuera para poder acabarlo en aproximadamente seis meses. En la metodología 6 Sigma es importante el límite temporal del proyecto para que el esfuerzo sea puntual pero enérgico. Para ello se deben establecer las áreas de la empresa que van a entrar a formar parte del estudio de mejora y cuáles no.

Al analizar la evolución del consumo energético de los últimos años (véase gráfico 1) se ve claramente que, sin haber tenido un incremento significativo del consumo en el periodo 2003-2006, el gasto se ha visto incrementado casi en el doble.

En el lanzamiento de este proyecto se estableció que su alcance estaría tanto en el estudio y reducción del consumo energético, como en el estudio y optimización de los contratos existentes con el suministrador de gas y de electricidad. Para concretarlo más, se realizó un muestreo de consumo desde los centros transformadores a los equipos con

GRÁFICO 1: HISTÓRICO DE CONSUMOS Y GASTO ENERGÉTICO



más potencia para priorizar cuáles son los que tenían mayor importancia.

Al final de la fase definir, el alcance del proyecto se fijó en el estudio y reducción del consumo eléctrico y de gas natural, así como del gasto económico de las instalaciones y máquinas que representaban el 76 por ciento del gasto total. Para ello se hizo una matriz de priorización ponderando el consumo detectado en el muestreo y el coste del tipo de energía que requería de cada uno de los puntos de consumo. Los puntos de consumo seleccionados fueron el horno de tratamientos térmicos (TT), calderas de calefacción, los compresores, el centro de bombas hidráulicas del taladro profundo CROSS, el alumbrado que dependía de dos centros transformadores (CR 51-52), los dos taladros profundos SASS-1 y 2, los centros de mecanizado INNO 1 y 2, el taladro profundo CROSS, el edificio de laboratorios y el edificio de vestuarios y clínica. El resto de puntos de consumo se descartaron debido a que cada uno por separado suponía menos del 1,5 por ciento del consumo total.

## Fase de medir y analizar

En estas fases del proyecto 6 Sigma nos enfocamos primero en identificar los parámetros que intervienen en el gasto energético de los puntos de consumos elegidos, los defectos que se pueden encontrar (despilfarro de energía) y medir su funcionamiento. El segundo paso fue relacionar matemáticamente los factores que hemos identificado que intervienen con los resultados de consumos que proporcionan, identificando así los factores clave (causas vitales) del consumo o gasto actual de cada punto que entra en el alcance.

Los defectos sobre los que se trabajó fueron: exceso de consumo o consumo innecesario y falta de eficiencia del centro de consumo en análisis. Así, se identificaron los factores modificables que podrían influir en reducir estos defectos y, además, tener un impacto significativo en la factura energética.

Sin entrar en el detalle de explicar los diez puntos de consumos investigados, nos vamos a centrar en algunos análisis sencillos para ver qué aporta el utilizar la

metodología 6 Sigma. Por ejemplo, entre los factores estudiados sobre la variabilidad del consumo de los compresores, podemos ver la evaluación de cambiar la presión de disparo del calderín y la evolución de la influencia del aporte de aire a la depuradora.

La red de aire comprimido de la fábrica se alimenta de un calderín que tiene aire comprimido a una presión determinada en un rango, bajo la demanda de la red el calderín se va vaciando y su presión baja. Cuando esta presión alcanza la presión mínima (de disparo) entra a trabajar un compresor hasta alcanzar la presión máxima. Si la demanda no fuera satisfecha con un solo compresor entra un segundo y, si se mantiene un exceso de demanda, un tercer compresor.

Así, dentro del estudio del consumo que generan los compresores que mantienen el sistema de aire comprimido de la fábrica, se estudió el efecto de un compresor con variador de frecuencia, fugas en la red, la presión de disparo del calderín que alimenta la red, el número de amoladoras neumáticas, los consumos requeridos por diferentes máquinas y el consumo de la depuradora.

Para evaluar el efecto de variar la presión de disparo se tomaron los valores de consumo por hora del primer compresor con dos presiones diferentes de disparo en el calderín. Los resultados de consumo medido en kWh para una hora se observan en el *gráfico 2*, tanto a 6,8 bar (actual) como a 6,4 bar (alternativa). No se considera disminuir más la presión por las necesidades de las máquinas que funcionan con aire comprimido.

La mediana de consumo de los compresores durante una hora, cuando la presión era de 6,8 bar, fue de 52,5 kWh y de 49,75 kWh para una presión de 6,4 bar. Aunque el consumo parece menor, evaluado estadísticamente, la diferencia de consumo no es significativa. Si lo que queremos es tener una reducción significativa de consumo este factor no nos importa.

GRÁFICO 2: BOXPLOT PARA LA EVALUACIÓN DE LA PRESIÓN DE DISPARO DEL CALDERÍN

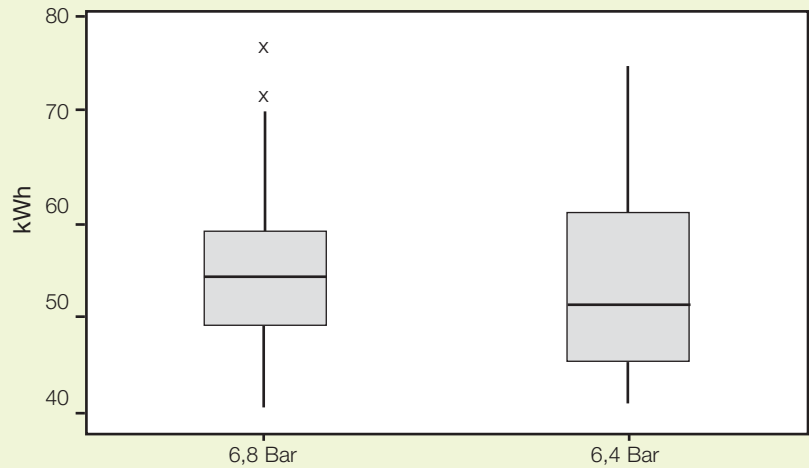
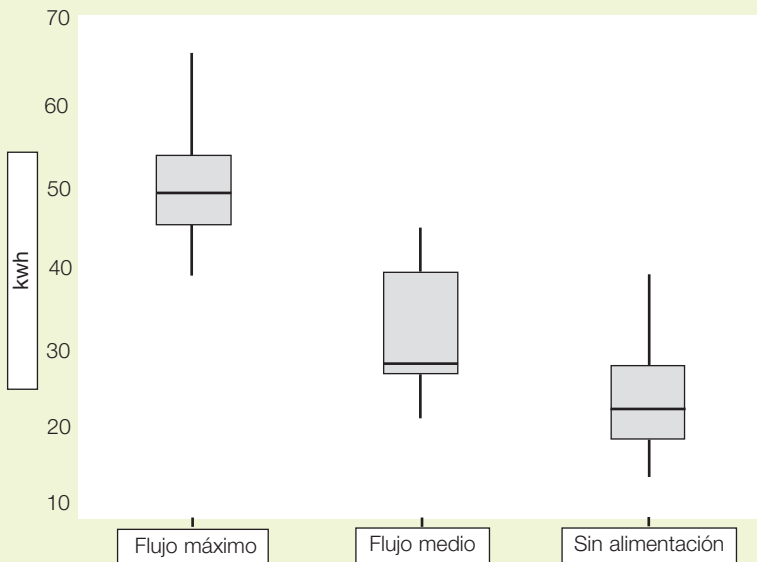


GRÁFICO 3: BOXPLOT DE LA EVALUACIÓN DE APORTACIÓN DE AIRE DE LA DEPURADORA



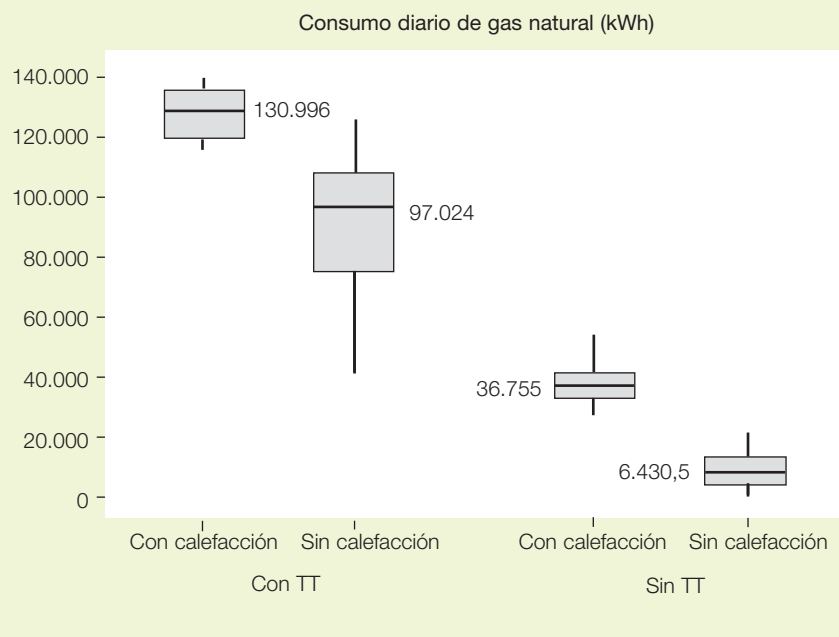
Para medir el efecto en el consumo de los compresores, causado por el aporte de aire a la depuradora, se realizaron medidas de consumo energético por hora. Se probaron tres niveles de alimentación de aire: a máximo caudal (como estaba normalmente), a medio caudal y con la alimentación de aire cerrada. Los resultados se pueden observar en el *gráfico 3*. En este caso es evidente que sí es significativo el efecto.

Hay que señalar que estas medidas se hacen en el funcionamiento normal de la fábrica y la variabilidad es debida a las demandas del resto de actividades que hacen de ruido de fondo en los análisis.

#### Fase de mejorar

De la aplicación de la metodología 6 Sigma se identificaron las siguientes medidas de ahorro energético que pueden clasificarse en tres tipos:

**GRÁFICO 4: EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS Y LA CALEFACCIÓN EN EL CONSUMO DIARIO DE GAS**



#### a) Sin inversión

El mero análisis estadístico de las medidas diarias que proporcionan la factura o la tele-medida (véase ejemplo en *gráfica 4*) nos ayuda a generar un modelo de predicción del gasto y del consumo

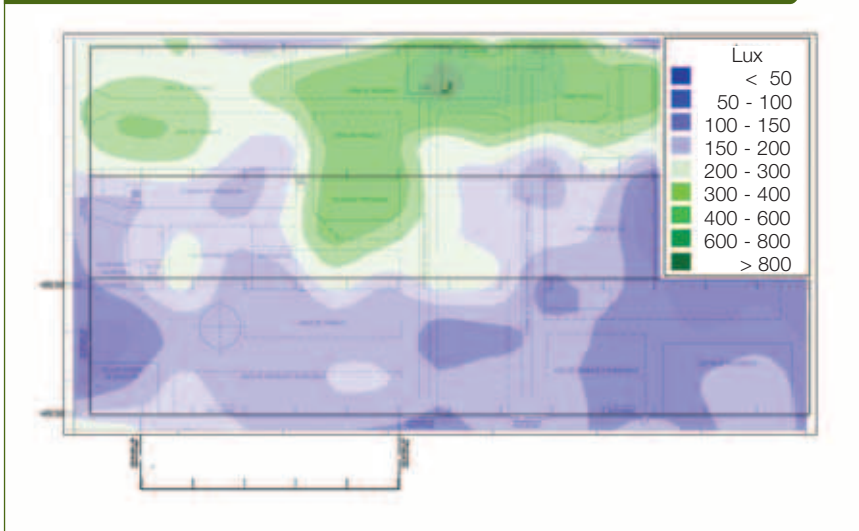
que en nuestro caso nos permitió optimizar las condiciones de contratación del gas. Modificando dichas condiciones de contratación fue posible obtener un ahorro económico anual de más de 50.000 euros, ya que normalmente la

renovación de la contratación se basó en los datos históricos y no en una predicción del gasto que se iba a tener y, lo más importante en el caso del gas, cómo se iba a desarrollar este consumo a lo largo del año, ya que la existencia de picos de consumo penalizaba muy notablemente el gasto con el tipo de contratación existente.

El ejemplo demuestra que es conveniente incorporar al sistema de gestión de la empresa el análisis periódico de los consumos energéticos y sus condiciones de contratación acordes con las previsiones de operación.

El análisis del consumo energético de grandes máquinas de mecanizado puso de manifiesto que la modificación en los hábitos de trabajo de los operarios podría conducir a un ahorro significativo. El efectuar un apagado completo de los sistemas de bombas de las máquinas en los tiempos de espera, sin apagar los controles numéricos, no disminuye la estabilidad dimensional y permite ahorrar significativamente en máquinas grandes donde el consumo energético es casi el mismo trabajando o en espera.

GRÁFICO 5: MAPA DE ILUMINACIÓN DEL TALLER



En la regulación de las calderas de la calefacción central se estableció una operativa por la que el mantenimiento paraba el funcionamiento de la caldera en cuanto la temperatura de las oficinas alcanzaba un valor de confort, evitando situaciones detectadas de oficinas con ventanas abiertas por exceso de calefacción.

También se realizó una presentación a los empleados de los efectos que puede tener la modificación en las pautas de conducta de las personas que trabajan en la empresa y los ahorros energéticos importantes que se pueden obtener con los datos reales obtenidos de los análisis.

#### **b) Con inversiones de rentabilidad garantizada**

En la modernización de los compresores, elementos cuyo consumo energético en esta empresa es muy significativo, por otros que incorporen variadores de frecuencia se llegó a un ahorro energético importante.

En la flexibilización del uso de la iluminación artificial para que se adecúe su encendido a la variabilidad de necesidad y de luz natural, el análisis de adecuación de la iluminación (véase gráfico 5) a la necesidad trajo consigo la instalación de puntos de luz más cercanos a las zonas de trabajo (véase foto 1), instalación de

encendidos zonales de iluminación (foto 2) en vez de por naves, y una campaña de concienciación medioambiental para su utilización.

La sustitución de las luminarias instaladas en oficinas (véase foto 3) por luminarias espejo (foto 4) con balastos electrónicos de frecuencia y lámparas de bajo consumo condujo a ahorros energéticos medidos que han llegado a ser del 55 por ciento del consumo en algunas oficinas.

Se estudió la aportación de aire necesaria para el correcto funcionamiento de la depuradora. La investigación desarrollada por medio ambiente determinó el flujo mínimo necesario y se ajustó la alimentación de la depuradora, reduciendo significativamente el consumo de energía de los compresores.

#### **c) Inversiones que necesitaron un análisis más detallado para evaluar la rentabilidad económica**

La sustitución del sistema de calefacción central y aires acondicionados por bombas de calor regulables en oficinas, se comenzó el pasado año y continuarán sustituyéndose las existentes hasta su total renovación.

La mejora del aislamiento del horno de tratamiento térmico y el sistema de calefacción de las naves del taller fueron



Foto 1. Puntos de luz nuevos cerca de la zona de trabajo.



Foto 2. Cuadro de control de luces por líneas en la nave ligera.



Foto 3. Luminarias anteriores.

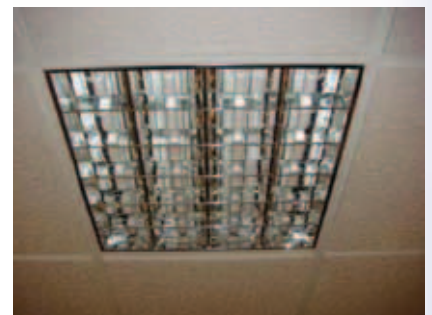


Foto 4. Luminarias nuevas.

**GRÁFICO 6: EVOLUCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO INTERANUAL DESPUÉS DEL PROYECTO 6 SIGMA**



evaluados y concluidos como no rentables económicamente por el periodo de retorno de la inversión.

#### Fase de controlar

Después de listar las mejoras propuestas en el proyecto, sólo queda controlar que se van implantando las mejoras sugeridas y que se obtiene la reducción del consumo energético prevista y consecuentemente del gasto.

Para ello, se estableció un indicador de consumo energético mensual que es seguido por medio ambiente y por la dirección. La evolución del indicador presentaba un consumo anual estable antes del proyecto cercano a 17 GWh en los primeros meses de 2007; en marzo de 2007 fue cuando se empezaron a tomar las primeras acciones. El proyecto se dio por cerrado en mayo de 2007, aunque algunas de las acciones listadas se concluyeron a lo largo de 2007. En los cuatro últimos meses del gráfico se constata que se ha alcanzado un nuevo nivel

estable de consumos alrededor del 11,4 GWh, lo que supone más de un 30 por ciento de reducción del consumo.

En resumen, este proyecto demuestra que la metodología 6 Sigma puede ayudar a identificar las acciones más eficientes y rentables para reducir el consumo energético, el gasto que éste conlleva y mejorar la eficiencia energética.

Finalmente, reconocer que el éxito de este proyecto no hubiera sido posible sin el apoyo y recursos del personal de mantenimiento, que llevó a cabo el extenso plan de toma de datos que ha sido necesario y la respuesta positiva de todo del personal de ENSA a las campañas de concienciación de medio ambiente para no despilfarrar energía y utilizar adecuadamente los recursos naturales. ■

**Eusebio Aguilar**

*Black Belt y Responsable de Fiabilidad y Mejora de ENSA, Vocal del Comité de 6 Sigma de la AEC*