

10-019

ENERGY AUDIT AT THE TEQUILERA LAS JUNTAS AND THE ISO-50001 APPROACH.

Martínez González, Daniel ⁽¹⁾; Gutiérrez González, Jorge Luis ⁽¹⁾; Robledo Hernández, José Guadalupe ⁽¹⁾; Quintero Hernández, Luis Héctor ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Universidad de Guadalajara

Tequila is the most emblematic drink in Mexico and is currently highly demanded and enjoyed in other parts of the world. The production of Tequilera Las Juntas S. A. is mainly destined for the international market and although it is a small company, it produces a premium quality tequila. However, the energy consumed in the process has led the company to seek measures to reduce the energy cost of making its tequila. This work presents the result of an energy audit in the company based on the methodology developed by the Centro para el Ahorro y Desarrollo Energético y Minero (CADEM, Spain) and the ISO-50002 standard (referring to energy audits), finding a potential reduction in energy consumption of 25%. For its part, the ISO-50001 standard allowed establishing energy plans, objectives, and goals to improve the company's energy performance.

Keywords: Small industry; energy audits; energy management.

DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EN LA TEQUILERA LAS JUNTAS Y EL ENFOQUE ISO-50001.

El tequila es la bebida más emblemática de México y en la actualidad es muy demandada y disfrutada en otras partes del mundo. La producción de Tequilera Las Juntas S. A. se destina principalmente al mercado internacional y, aunque es una empresa pequeña, elabora un tequila con calidad premium. No obstante, la energía consumida en el proceso ha llevado a la empresa a buscar medidas para reducir el costo energético en la elaboración de su tequila. En este trabajo se presenta el resultado de un diagnóstico energético en la empresa partiendo de la metodología desarrollada por el Centro para el Ahorro y Desarrollo Energético y Minero (CADEM, España) y la norma ISO-50002 (referente a auditorías energéticas), encontrándose un potencial de reducción en el consumo de energía de 25%; por su parte, la norma ISO-50001 permitió establecer planes, objetivos y metas energéticas para mejorar el desempeño energético de la compañía.

Palabras claves: Pequeña industria; diagnóstico energético; gestión de la energía.

Correspondencia: Luis Héctor Quintero Hernández hectorquinteroh@hotmail.com



1. Introducción

El tequila es la bebida alcohólica más emblemática de México, con denominación de origen. Hay grandes, medianos y pequeños productores.

Este trabajo trata de una pequeña empresa tequilera, Las Juntas, S. A., pero donde la energía representa un costo relativamente importante. Se presenta el desarrollo de un diagnóstico energético en esta empresa, orientado por la norma internacional ISO-50001.

El trabajo presenta resultados de interés que pueden mejorar el desempeño energético de la empresa y reducir sus costos y emisiones ambientales.

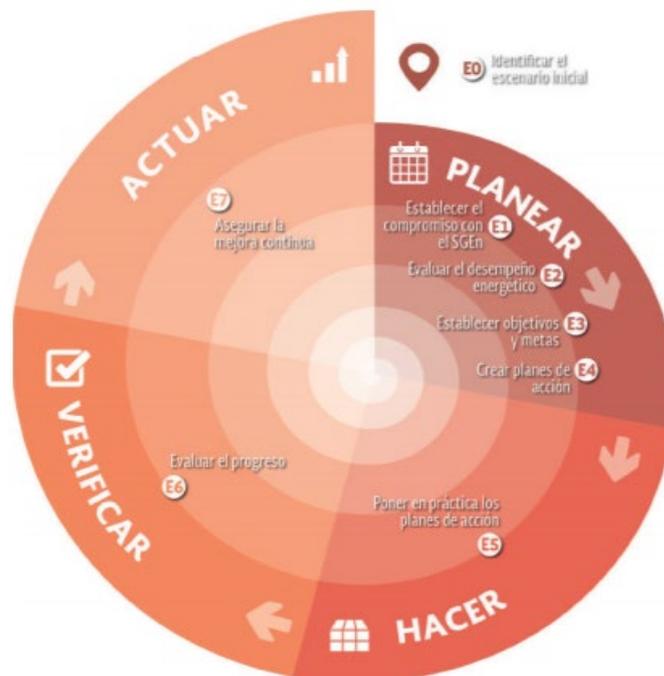
2. Objetivos

Este trabajo tiene como propósito presentar un diagnóstico energético en la empresa tequilera mencionada, así como los resultados más relevantes encontrados; asimismo, plantear el establecimiento de un sistema de gestión de energía, basado en la norma internacional ISO-50001.

3. Metodología

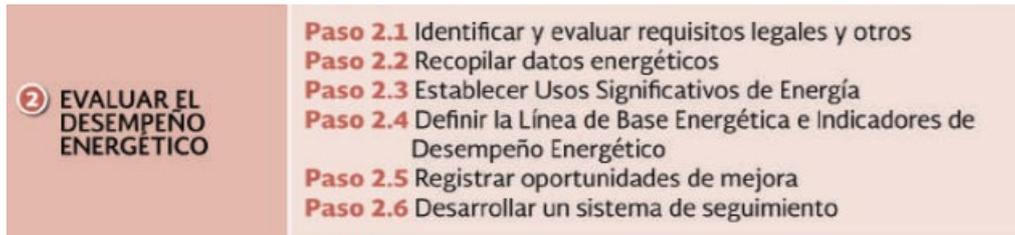
La implementación de un sistema de gestión energética (SGE) en una empresa parte del contexto de la *mejora continua*, es decir, el Planear/Hacer/Verificar/Actuar (PHVA). Este procedimiento consiste en varias etapas como las señaladas en la figura 1.

Figura 1: Etapas para la implementación de un SGE (Flores, 2016).



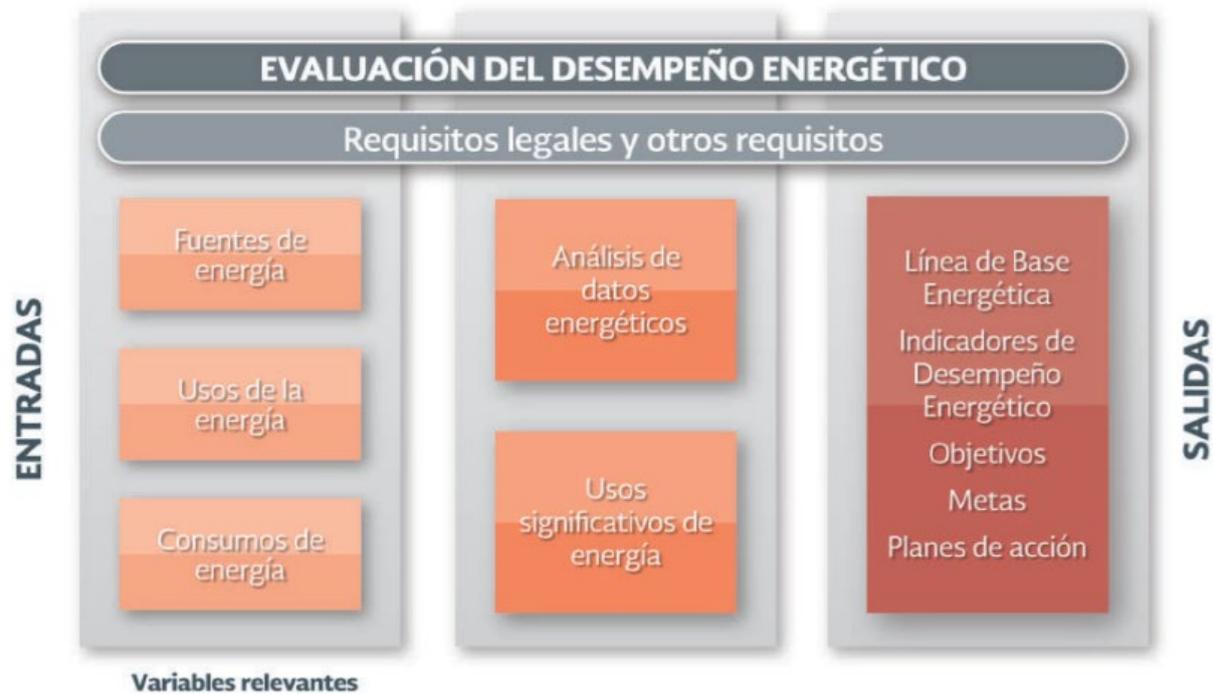
La etapa que ocupa este trabajo es la segunda: “evaluar el desempeño energético” (E2 en la figura 1), pero particularmente los pasos 2.2, 2.3 y 2.5 mostrados en la figura 2 a continuación.

Figura 2: Pasos para evaluar el desempeño energético (Flores, 2016).



La figura 3 ilustra los factores y variables que intervienen en esta etapa.

Figura 3: Elementos y factores de la evaluación del desempeño energético (Flores, 2016).

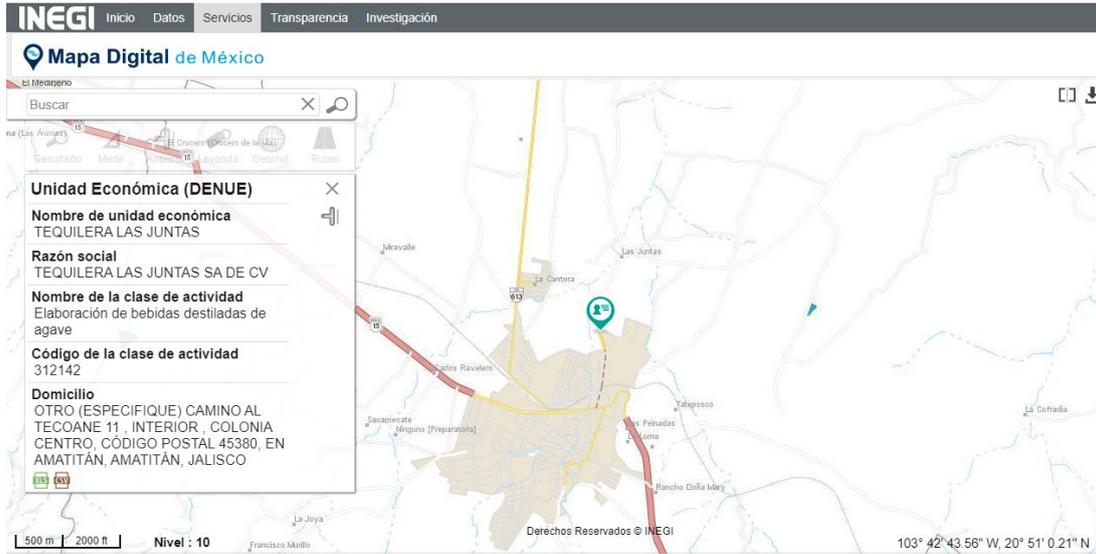


Este trabajo presenta lo referente a las variables relevantes, al análisis de datos energéticos, los usos significativos de energía, así como proponer medidas de mejora del desempeño energético en la empresa en cuestión.

4. Caso de estudio

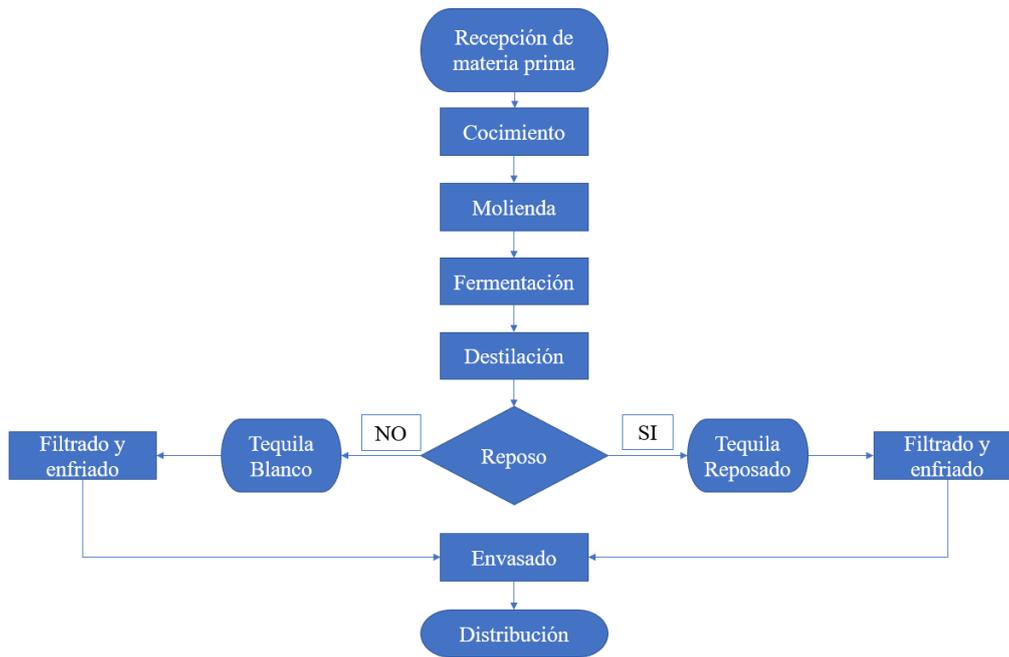
La planta de elaboración de Tequilera Las Juntas está ubicada, como ya se mencionó, en Amatitán, Jalisco, como se muestra en la figura 4.

Figura 4: Ubicación Tequilera Las Juntas, S. A.



El tequila se obtiene con un proceso que, a grosso modo, se ilustra la figura 5 enseguida.

Figura 5: Proceso de producción del tequila.



Dicho proceso demanda energía, tanto eléctrica como térmica; en este trabajo se ha seguido lo que la norma ISO-50001 contiene para mejorar el desempeño energético de la empresa; una de las etapas más importantes es la planificación energética, cuyo esquema se muestra en la figura 3 (ISO, 2011).

La revisión energética se realizó en tres niveles o valoraciones energéticas (Jayamaha, 2016) mismos que se explican y desarrollan a continuación.

4.1 Valoración energética nivel 1

Este nivel involucra la revisión del costo de la energía y de conocer las condiciones generales del proceso y estado de la empresa, particularmente referente al uso y consumo de energía. Igualmente, este nivel de valoración proporciona una lista de las áreas primordiales donde se puede reducir el consumo y costo de energía. La calidad de los detalles depende de la experiencia y habilidad de quien desarrolla la valoración, o bien, según el cliente lo requiera.

Los energéticos utilizados principalmente en Tequileria Las Juntas son electricidad y combustóleo. La tabla 1 muestra el consumo promedio mensual de los dos energéticos presentes, así como su costo.

Tabla 1. Consumo y costo de energía en Las Juntas

Energético	kWh	\$ (pesos mexicanos)
Electricidad	6 170	\$15 750
Combustóleo	83 300	\$62 320
TOTAL	89 470	\$78 070

Graficando esta información, en las figuras 6 y 7 vemos claramente que el energético significativo es el combustóleo, tanto en cantidad como en costo.

Figura 6: Proporción de los energéticos consumidos.

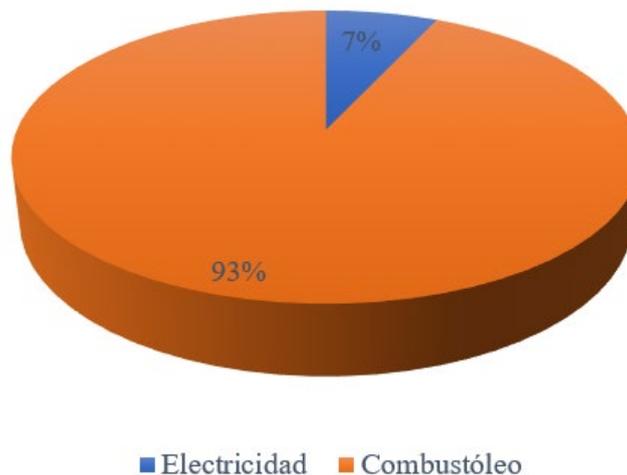
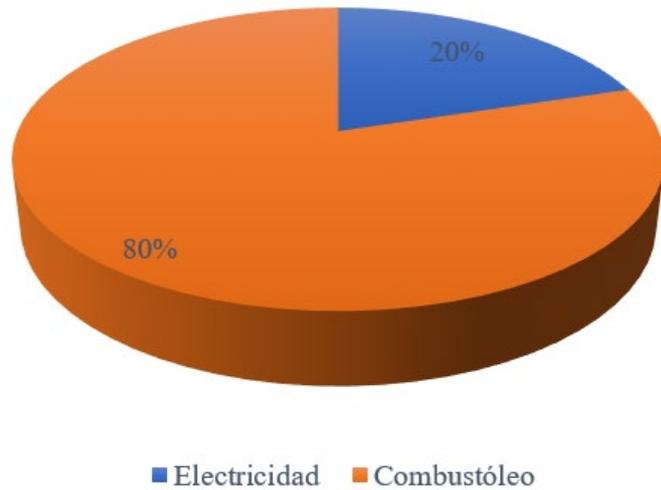


Figura 7: Proporción del costo de los energéticos consumidos.



Aunque en el diagnóstico energético desarrollado en la empresa, sí se midió y revisó el consumo eléctrico para buscar medidas de mejora, como en sustitución de motores o mejora del actor de potencia, en este trabajo se muestra solamente lo relacionado al combustóleo, que representa la mayor parte del consumo.

4.2 Valoración energética nivel 2

Este nivel normalmente incluye mediciones puntuales en las áreas y equipos relevantes o significativos en el proceso. Además, requiere más recursos y tiempo que en el nivel 1, pero brinda información más precisa y detallada.

En el proceso de elaboración del tequila, el cocimiento y la destilación son las etapas que demandan energía térmica en forma de vapor, para lo que se tiene una caldera de 100CC marca Claver Brooks (ver la fotografía en la figura 6), piro-tubular y genera vapor saturado.

Figura 8: Caldera de vapor en Las Juntas.



La eficiencia de la caldera se determinó mediante el **método indirecto o de las pérdidas**, ya que no hay medidores de agua de alimentación o de vapor, por lo que el **método directo** no se utilizó. La eficiencia por el método indirecto se calcula según

$$\eta = 100 - P \quad (1)$$

Donde:

η = Eficiencia de la caldera (%)

P = Pérdidas de energía (%)

Las pérdidas en la caldera (o calor saliente no útil) son las siguientes:

- Pérdidas por calor sensible en los gases de combustión (llamémosle p_1)
- Pérdidas por inquemados gaseosos (p_2)
- Pérdidas por inquemados sólidos (p_3)
- Pérdidas por purgas (p_4)
- Pérdidas por radiación (p_5)

Todas estas pérdidas pueden calcularse en % de la energía entrante a la caldera, como se explica enseguida. Se tiene entonces que

$$P = p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 \quad (2)$$

Como se mencionó antes, el vapor se utiliza en dos partes del proceso: a) Cocimiento y b) Destilación. Por lo tanto, las pérdidas se calcularon para cada uno, ya que las condiciones de presión del vapor son diferentes.

Pérdidas en los gases de combustión p_1

Esta pérdida la pudimos determinar con la Tabla A-14 Parámetros de la combustión del Fuel Oil 2 (combustóleo pesado) del Tomo II del Manual de Eficiencia Energética Térmica en la Industria (CADEM, 1984). Para usar esta tabla se requiere conocer al menos los siguientes parámetros: contenido de O_2 (%), exceso de aire y la diferencia de temperatura entre los gases de combustión y ambiente ($^{\circ}C$); estos valores fueron obtenidos utilizando un analizador de gases marca *Bacharach*, modelo ECA 450, así como un termómetro de mercurio; se realizaron numerosas mediciones en dos diferentes estados de carga y presión del vapor en la caldera. Los valores promedio encontrados en a) fueron $O_2=10.2\%$, exceso de aire=1.92 y diferencia de temperatura= $280^{\circ}C$, y en b) $O_2=11.6\%$, exceso de aire=2.18 y diferencia de temperatura= $288^{\circ}C$.

Con estos datos y la tabla referida del Manual citado, se obtiene que en a), $p_1 = 19.1\%$ y, en b) $p_1 = 24.2\%$.

Pérdidas por inquemados gaseosos p_2

El calor perdido por esta causa los obtenemos aplicando la ecuación

$$p_2 = \frac{21}{21 - O_2} \left(\frac{CO}{3100} + \frac{CH}{1000} \right) \quad (3)$$

Donde

O₂ = Concentración de oxígeno (%)

CO = Concentración de monóxido de carbono (ppm)

CH = Concentración de hidrocarburos (ppm)

Con el mismo analizador de gases se obtuvo un CO = 154.7ppm para el caso a) y 86.3ppm para el b); por convenio se suele utilizar CO = CH ya que los analizadores o dan la suma de los dos parámetros y se toma la mitad de dicha lectura igual para cada uno, o miden sólo el CO y al CH se le asigna un valor igual (CADEM, 1984). El O₂ es el mismo valor que ya se había mencionado antes. Por lo tanto, con la ecuación (3) se tiene en a):

$$p_2 = \frac{21}{21-10.2} \left(\frac{154.7}{3100} + \frac{154.7}{1000} \right) = \mathbf{0.4\%}$$

(4)

Y en b):

$$p_2 = \frac{21}{21-11.6} \left(\frac{86.3}{3100} + \frac{86.3}{1000} \right) = \mathbf{0.25\%}$$

(5)

Pérdidas por inquemados sólidos p_3

Estas se calculan midiendo la opacidad de los humos mediante la escala Bacharach, utilizando un opacímetro. Para el caso a) Etapa de Cocimiento y b) Etapa de Destilación, en la escala de Bacharach, el número de mancha fue de **9**; esto implica que $p_3=10\%$ (CADEM, 1984).

Pérdidas por purgas p_4

Las pérdidas por purga están asociadas al agua que debe sacarse con cierta periodicidad según las condiciones de operación y capacidad de la caldera, con el fin de “purgar” las sales y minerales que el agua de alimentación transporta y que, si no se hace, provoca incrustaciones en los tubos de intercambio de calor. En la empresa, la caldera no se purga y, por lo tanto, no hay pérdida de energía por este concepto, pero en conjunto provoca más pérdidas en los gases de combustión; entonces, por lo pronto para a) y b) $p_4=0\%$.

Pérdidas por radiación p_5

Estas pérdidas se calculan para diferentes capacidades de vaporización; una expresión que permite estimar esta pérdida es la siguiente:

$$p_5 = \sqrt{\frac{100}{C_{max}}} \times A$$

(6)

Donde

C_{max} es la capacidad máxima de vaporización de la caldera (T/h); la caldera en cuestión, como se dijo, tiene una capacidad de 100CC equivalente a 1,57 T/h.

A = Factor por capacidad incompleta (para una capacidad regulada, este valor es 1.22).

Esta pérdida será, por tanto:

$$p_5 = \sqrt{\frac{100}{1.568}} \times 1.22 = \mathbf{9.7\%} \quad (7)$$

Este cálculo es conservador, ya que, si la caldera opera a baja capacidad, las pérdidas se incrementarán; por ejemplo, si su generación de vapor es del 50% de su capacidad, $A=1.82$.

Con todo lo anteriormente calculado, se puede determinar finalmente el rendimiento de la caldera en los dos casos.

Para a) Etapa de Cocimiento, primero con la ecuación (2) se tiene que:

$$P = 19.1\% + 0.4\% + 10\% + 0\% + 9.7\% = \mathbf{39.2\%} \quad (8)$$

Luego con la ecuación (1):

$$\eta = 100 - 39.2 = \mathbf{60.8\%} \quad (9)$$

Para b) Destilación, con las ecuaciones (2) y luego (1)

$$P = 24.2\% + 0.25\% + 10\% + 0\% + 9.7\% = \mathbf{44.1\%} \quad (10)$$

$$\eta = 100 - 42.4 = \mathbf{55.9\%} \quad (11)$$

4.3 Valoración energética nivel 3

El nivel tres requiere de los niveles 1 y 2 previos, y está enfocado en las mejoras potenciales del desempeño energético, así como en la inversión de capital de proyectos. La obtención de datos para este nivel de valoración es más compleja y es necesario un proceso ingenieril para su análisis. Ofrece un presupuesto de costos detallado del proyecto para la reducción de consumo energético. Otorga un nivel de seguridad financiera suficiente para realizar la inversión de capital en el proyecto y facilita la toma de decisiones. Por lo tanto, la valoración de nivel 3 también se le conoce como **valoración de grado de inversión**.

De acuerdo con los datos obtenidos de la Valoración del nivel 2, las pérdidas energéticas, proveen ventanas de oportunidad para iniciar los proyectos de inversión de los cuales, junto con recomendaciones en la manera de consumir y gestionar energía, significarán ahorros a corto, mediano y largo plazo. Los proyectos de inversión mostrados en este trabajo son:

- Reemplazo de la caldera.

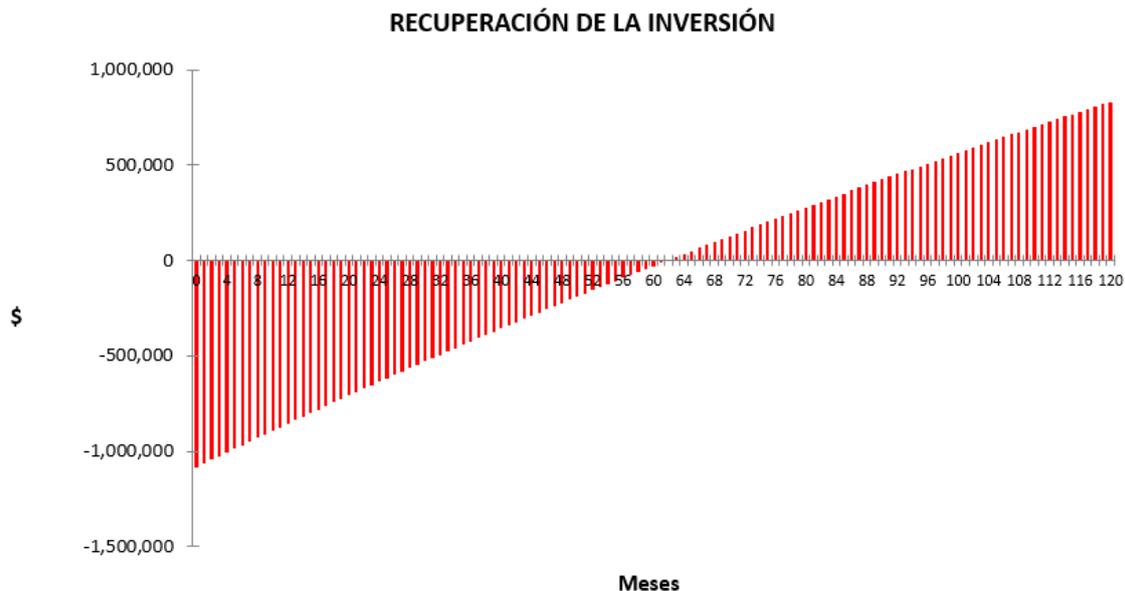
- Aislamiento de la tubería.

Se han analizado otras medidas, pero por la extensión de este trabajo se decidió no incluirlas, considerando además que estas que se presentan son las de mayor impacto beneficioso para la empresa.

Reemplazo de la caldera

La caldera existente en la empresa está en condiciones muy deterioradas; su fecha de fabricación data de 1984, tiene importantes problemas de su propio aislamiento, no cuenta con un sistema regulado de combustión, sus tubos deben tener importantes incrustaciones por el lado del agua (lo que se evidencia por la alta temperatura de los gases y la razón es que no se alimenta con agua tratada), entre otras deficiencias. Es por ello que se ha considerado adquirir una nueva caldera y pueda incrementarse la eficiencia al menos a un 85%; la inversión es de poco más de un millón de pesos mexicanos, pero el ahorro es de poco más del 30% en el consumo y costo del combustible. Haciendo una evaluación económica de segundo orden, a en cuenta el valor del dinero en el tiempo, encontramos que la inversión se recupera en poco más de 5 años (ver figura 9).

Figura 9: Evaluación económica de una nueva caldera.



Esta medida implica también una reducción de la emisión de casi 90 toneladas de CO₂ anuales.

Aislamiento de la tubería de distribución de vapor

Prácticamente toda la tubería de vapor está desnuda, incrementándose las pérdidas por convección y radiación, además de provocar que la calidad del vapor sea menor y, por ende, se transfiera menos energía donde se necesita.

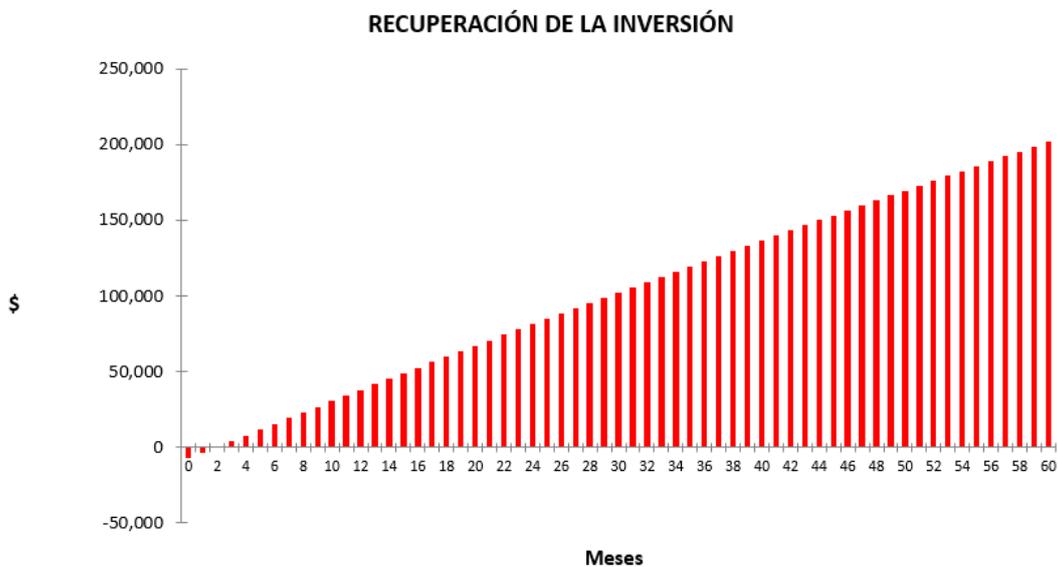
Las pérdidas de energía son diferentes en la tubería de vapor que va al proceso de cocimiento que la que va a la destilación, debido a la presión de vapor (y la temperatura de saturación), a la distancia y a las horas de trabajo de cada sistema.

Las figuras 10 y 11 presentan las evaluaciones económicas del asilamiento en ambos casos.

Figura 10: Evaluación económica del aislamiento de la tubería de vapor a cocimiento.



Figura 11: Evaluación económica del aislamiento de la tubería de vapor a destilación.



Como se aprecia claramente, la rentabilidad es sumamente atractiva, ya que entre 2 y 5 meses se recupera la inversión, según cada caso. Ambas medidas arrojan un ahorro económico del orden del 10% en la facturación y evitan la emisión de unos 2 100kg de CO₂ a la atmósfera cada año.

5. Resultados y conclusiones

Podemos resaltar como resultados medibles aquellos económicos y ambientales; por un lado, hay oportunidades de mejora que requieren una inversión importante (una caldera nueva, por ejemplo) y otras de poca inversión. Se ha encontrado una rentabilidad atractiva de **5 años** en el primer caso y apenas **unos meses** en el aislamiento. Estas medidas le permiten a la

empresa reducir su facturación hasta en un **40%**.

El beneficio ambiental también es relevante ya que el combustóleo, al ser uno de los energéticos más contaminantes en México, se evitarían unas **92 toneladas** de emisiones de CO₂ al año al implementar las medidas de mejora descritas.

Aunque el proyecto en Tequilería Las Juntas no ha concluido, el enfoque dado al diagnóstico energético y orientado por la norma ISO-50001 muestra buenas posibilidades de mejorar el desempeño energético de la empresa.

Los resultados muestran lo rentable y convenientes que pueden ser ciertas medidas de mejora y le dan al empresario información para tomar decisiones. Siempre con el énfasis puesto que **el ahorro paga la inversión**, solo se le presentan a la empresa aquellas medidas que financieramente le convengan, y que sean técnicamente viables.

El siguiente paso es estructurar e implementar un sistema de gestión de energía en la empresa, pero ya los resultados son alentadores.

Referencias

- CADEM. (1984). *Manual de eficiencia energética térmica en la industria tomo II*. CADEM, S. A. Bilbao.
- Flores, L., Escobosa, N., & Espinosa, L. (2016). *Manual para la implementación de un sistema de gestión de la energía*. México, D. F.: CONUEE/GIZ.
- Jayamaha, L. (2016). *Energy-Efficient industrial systems: evaluation and implementation*. United States of America: McGraw-Hill.



**Comunicación alineada con los
Objetivos de Desarrollo Sostenible**