

DOCUMENTO DE INVESTIGACIÓN

Eficiencia energética como herramienta competitiva

Del compromiso internacional al desempeño medible en planta: marco normativo, metodología de diagnóstico, sistemas de gestión de la energía y evidencia de resultados en la industria mexicana.

Ignacio García Sánchez

Profesor Investigador Titular C

Unidad Profesional Interdisciplinaria de Energía y Movilidad · Instituto Politécnico Nacional

igarcias@ipn.mx

Ciudad de México · Agosto de 2026

· Ficha del documento

Título	Eficiencia energética como herramienta competitiva. Del compromiso internacional al desempeño medible en planta.
Autor	Ignacio García Sánchez Maestro en Ciencias en Ingeniería Ambiental (ITESM) · Especialidad en Eficiencia Energética y Energías Renovables (Hochschule Wismar, Alemania) · Estudios doctorales en Ciencias en Ingeniería Mecánica, especialidad Energía (ESIME Zacatenco, IPN)
Adscripción	Profesor Investigador Titular C, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Energía y Movilidad (UPIEM), Instituto Politécnico Nacional
Correspondencia	igarcias@ipn.mx
Tipo de documento	Documento de investigación y divulgación técnica. Material de respaldo de la conferencia del mismo título.
Área de conocimiento	Eficiencia energética · Sistemas de gestión de la energía · Política energética
Versión y fecha	Versión 1.0 · Agosto de 2026
Corte de información	Agosto de 2026. El marco regulatorio mexicano se encuentra en desarrollo reglamentario; véase el apartado 4.3.

· Resumen

La eficiencia energética dejó de ser un tema ambiental de segundo orden para convertirse en una variable de competitividad y, desde 2025 en México, en una obligación regulatoria. Este documento reconstruye esa transición en cuatro planos: el compromiso internacional, el marco normativo mexicano, la metodología técnica que permite convertir el compromiso en acciones concretas, y la evidencia económica que resulta de aplicarla. El argumento central sostiene que el diagnóstico energético y el sistema de gestión de la energía no son alternativas ni etapas independientes: el primero produce precisamente los insumos técnicos —usos significativos, indicadores de desempeño y línea base— que el segundo requiere para funcionar. Se documenta el análisis de cuatro instalaciones industriales de sectores distintos, con un ahorro económico agregado de 30.0 millones de pesos anuales, 28.98 GWh de electricidad y 23,352 toneladas de dióxido de carbono equivalente evitadas al año, con un periodo simple de recuperación agregado de 2.23 años. Se concluye que el obstáculo dominante para la adopción no es tecnológico ni económico, sino organizacional.

Palabras clave: eficiencia energética; sistema de gestión de la energía; ISO 50001; ISO 50002; diagnóstico energético; línea de base energética; indicadores de desempeño energético; usuarios de patrón de alto consumo; competitividad industrial.

Abstract

Energy efficiency has shifted from a secondary environmental concern to a competitiveness variable and, in Mexico since 2025, to a regulatory obligation. This paper reconstructs that transition across four dimensions: the international commitment, the Mexican regulatory framework, the technical methodology that turns commitment into concrete action, and the economic evidence that follows from its application. The central argument is that the energy audit and the energy management system are neither alternatives nor independent stages: the former produces precisely the technical inputs —significant energy uses, performance indicators and energy baseline— that the latter requires to operate. Results from four industrial facilities in

different sectors are documented, with aggregate annual savings of 30.0 million Mexican pesos, 28.98 GWh of electricity and 23,352 tonnes of carbon dioxide equivalent avoided per year, at an aggregate simple payback period of 2.23 years. The paper concludes that the dominant barrier to adoption is neither technological nor economic, but organisational.

Keywords: energy efficiency; energy management system; ISO 50001; ISO 50002; energy audit; energy baseline; energy performance indicators; high energy consumption users; industrial competitiveness.

· Contenido

1	Planteamiento	Por qué el tema cambió de categoría
2	Marco conceptual	Definiciones normativas y desempeño energético
3	Contexto internacional	Agenda 2030, COP28, IEA y la regulación europea
4	Marco normativo mexicano	De PRONASE y PECC a la LPTE 2025
5	El sistema de gestión de la energía	Estructura, ciclo PHVA y ruta de implementación
6	El diagnóstico energético	Alcance, niveles y entregables
7	Evaluación del desempeño energético	Flujo, USEn, IDEn y línea base
8	Medidas de ahorro y evaluación económica	Estructura de la cartera y criterios de decisión
9	Resultados observados en cuatro sectores	Evidencia y análisis derivado
10	Barreras y factores críticos de éxito	Por qué los proyectos se detienen
11	Conclusiones	
12	Referencias y glosario	

1. Planteamiento

La energía que no se consume es el único insumo del proceso que no se cotiza, no se transporta, no se almacena y no emite. Durante décadas eso fue un argumento ambiental; hoy es un argumento financiero y legal.

En una instalación industrial la energía representa entre el 5 % y el 30 % del costo de producción según el sector. A diferencia de la materia prima, no es un costo negociable con un proveedor: se reduce únicamente interviniendo el proceso. Un peso ahorrado en energía se traslada íntegro al resultado operativo, de forma recurrente y sin necesidad de incrementar ventas.

A esa razón económica se suman dos más. La **razón de riesgo**: la disponibilidad de energía dejó de darse por sentada, y la instalación que consume menos es también la que tiene menor exposición a restricciones de suministro y a volatilidad de

precios. Y la **razón regulatoria**, que es la más reciente y la que impone calendario. Las jurisdicciones que concentran la mayor parte del producto industrial mundial pasaron de promover la eficiencia a exigirla, con umbrales de consumo, plazos y sanciones. México se incorporó a esa lista en 2025.

Este documento sostiene que el tránsito de la obligación al resultado ocurre en un punto técnico muy concreto: la articulación entre el *diagnóstico energético*, que aporta la ingeniería, y el *sistema de gestión de la energía*, que aporta la gobernanza. Los capítulos 5 a 8 desarrollan esa articulación y el capítulo 9 presenta la evidencia.

2. Marco conceptual

2.1 Definiciones de referencia

Conviene partir de definiciones institucionales antes que de una propia, porque son las que usan la autoridad y los organismos de certificación.

Fuente	Definición de eficiencia energética
INEEL	Conjunto de acciones que conllevan a una reducción, económicamente viable, de la cantidad de energía que se requiere para satisfacer las necesidades energéticas de los servicios y bienes que demanda la sociedad, asegurando un nivel de calidad igual o superior.
CFE	Utilizar la energía de mejor manera: con la misma cantidad de energía —o con menos— obtener los mismos resultados. Se logra mediante el cambio de hábitos, el uso de tecnologías más eficientes, o una combinación de ambos.
NMX-J-SAA-50001-ANCE- IMNC (ISO 50001)	Proporción u otra relación cuantitativa entre un desempeño, los resultados de servicios, las salidas de bienes o energía, y las entradas de energía.

Las tres coinciden en un punto que suele perderse en la discusión pública: la eficiencia energética **no es reducir el consumo a costa del nivel de servicio**. Apagar una línea de producción reduce el consumo pero no mejora la eficiencia. La condición de "nivel de calidad igual o superior" es parte de la definición, no un matiz.

2.2 Los cinco conceptos del desempeño energético

ISO 50001 organiza el análisis alrededor de la noción de **desempeño energético**, que integra cinco conceptos distintos y con frecuencia confundidos entre sí.

Concepto	Qué mide	Unidad típica
Uso de la energía	En qué aplicación o equipo se ocupa la energía	Cualitativo (iluminación, aire comprimido, vapor)
Consumo de energía	Cuánta energía se ocupa en un periodo	kWh, GJ, litros, m ³
Eficiencia energética	Relación entre la salida útil y la entrada de energía	Adimensional o porcentaje
Intensidad energética	Energía por unidad de producto o de actividad	kWh/ton, GJ/ton, kWh/m ²
Ahorro de energía	Energía que se dejó de consumir respecto de una referencia	kWh, GJ, pesos

La confusión más costosa en la práctica

Un aumento del consumo no implica pérdida de eficiencia si la producción creció más. Por eso el indicador que se reporta a la dirección debe ser de **intensidad** —energía por unidad producida— y no de consumo absoluto. Reportar consumo absoluto en una planta que crece produce discusiones estériles y desacredita el programa de eficiencia.

3. Contexto internacional

3.1 El compromiso multilateral

El Objetivo de Desarrollo Sostenible 7 de la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas plantea, entre sus metas, **duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética hacia 2030**. Ese compromiso fue ratificado y precisado en la COP28 de Dubái en 2023, donde cerca de doscientos gobiernos acordaron una meta cuantitativa: una mejora anual del **4 % en intensidad energética primaria**.

El Foro Económico Mundial, en su reunión de Davos de 2024, situó tres prioridades de la agenda energética global —descarbonización de mercados emergentes, transición energética y descarbonización industrial—, las tres articuladas alrededor de la eficiencia como habilitador común.

3.2 La brecha entre la meta y la realidad

De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía, el avance real se ha mantenido muy por debajo de la meta. Desde 2019 la mejora promedia **1.3 % anual**, poco más de la mitad del promedio de 2 % sostenido entre 2010 y 2019. En 2025 se estima un repunte a 1.8 %, con avances superiores al 3 % en China y al 4 % en India, mientras Estados Unidos y la Unión Europea se ubicaron por debajo del 1 %.

4 % Meta anual acordada en COP28	1.3 % Mejora real promedio anual desde 2019	1.8 % Estimado para 2025	2/3 Del crecimiento de la demanda final desde 2019: industria
---	--	---------------------------------------	--

El dato de mayor relevancia para el ámbito industrial es el último: alrededor de **dos tercios del crecimiento de la demanda final de energía desde 2019 se concentró en la industria**, precisamente el sector donde el avance en intensidad energética se desaceleró con más fuerza. El problema y la capacidad de resolverlo residen en el mismo lugar.

En materia de escala económica, la inversión global en eficiencia energética alcanzaría cerca de **800 mil millones de dólares en 2025**, un 6 % por encima de 2024 y más de 70 % sobre el nivel de 2015. El propio informe de la IEA identifica la disponibilidad de personal con las competencias adecuadas como uno de los factores que frenan el avance.

3.3 De la promoción a la obligación: el precedente europeo

La Directiva (UE) 2023/1791 constituye el precedente regulatorio más relevante, porque abandonó el criterio de *tamaño de empresa* y lo sustituyó por el de **consumo de energía**, técnicamente más consistente.

Umbral (promedio de 3 años)	Obligación	Plazo
-----------------------------	------------	-------

Superior a 85 TJ anuales (≈ 23,611 MWh)	Implementar un sistema de gestión de la energía certificado por un organismo independiente conforme a normas europeas o internacionales	11 de octubre de 2027
Superior a 10 TJ anuales (≈ 2,778 MWh), sin SGEN	Auditoría energética y plan de acción concreto y factible, publicado en el informe anual de la empresa	Primera auditoría: 11 de octubre de 2026; después cada 4 años

Dos elementos del diseño europeo anticipan lo que ocurre en México. Primero, la certificación conforme a ISO 50001 se reconoce explícitamente como ruta válida de cumplimiento. Segundo, **contar con un sistema de gestión exime de la auditoría obligatoria**: la norma de gestión absorbe a la auditoría en lugar de competir con ella.

El resultado de esa convergencia normativa es la consolidación de ISO 50001 como referencia internacional. El *ISO Survey* 2024 reporta **38,482 certificados válidos** en el mundo y 88,323 sitios certificados, frente a 24,924 certificados del año anterior. En México el mismo levantamiento reporta **69 certificados** vigentes.

4. Marco normativo mexicano

4.1 Los instrumentos previos

Instrumento	Contenido relevante para eficiencia energética
PRONASE — Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía	Instrumento de planeación de la política nacional de energía. Establece acciones, proyectos y actividades para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios que permitan alcanzar las metas nacionales en materia de eficiencia energética.
PECC — Programa Especial de Cambio Climático	Fija metas de reducción de gases de efecto invernadero con horizontes 2020 y 2050. El sector industrial y de servicios es protagonista, y el ahorro y uso eficiente de la energía es una de las prácticas con mayor contribución potencial a esas metas.
CONUEE — PRONASGEN	Programa Nacional para Sistemas de Gestión de la Energía. Apoya a los usuarios de energía en el desarrollo de capacidades para implementar sistemas de gestión que les permitan elevar su competitividad mediante el uso sustentable de la energía.

4.2 El cambio de 2025

Entre marzo y octubre de 2025 México reescribió su marco de aprovechamiento sustentable de la energía. El cambio de fondo cabe en un verbo: se pasó de *promover* los sistemas de gestión de la energía a establecer su *instrumentación obligatoria*.

Instrumento	Publicación en el DOF	Aporte
Ley de Planeación y Transición Energética (LPTE)	18 de marzo de 2025	Sustituye a la Ley de Transición Energética. Su artículo 11, fracción XV faculta a la CONUEE para promover y concertar con los Usuarios de Patrón de Alto Consumo la instrumentación obligatoria de sistemas de gestión energética.

Reglamento de la LPTE

3 de octubre de 2025
(vigente desde el 4 de
octubre)

Crea el Registro UPAC, define el contenido obligatorio de la información energética, ordena a la CONUEE emitir las disposiciones administrativas de carácter general correspondientes y establece el régimen de verificación y sanción.

4.3 Los Usuarios de Patrón de Alto Consumo

Un UPAC es la persona física o moral cuyas instalaciones rebasan los umbrales de consumo definidos por la autoridad. El criterio histórico consideraba UPAC a quien superara los **45 GWh anuales de electricidad** en el año calendario inmediato anterior, o el equivalente en combustibles expresado en barriles equivalentes de petróleo conforme a la lista de combustibles y poderes caloríficos que la CONUEE publica anualmente.

La obligación operativa consiste en capturar, **del 1 de marzo al 30 de junio de cada año**, la información energética del ejercicio anterior. Bajo el nuevo Reglamento esa información debe incluir, por instalación, la localización y actividades principales, la energía utilizada por tipo de energético, los bienes o servicios producidos y la descripción de las medidas de eficiencia energética y descarbonización realizadas con sus resultados energéticos y económicos, todo ello **desglosado con periodicidad mensual**.

Artículo del Reglamento	Disposición	Implicación práctica
88, fracción V	La CONUEE debe emitir disposiciones administrativas con los elementos para la implementación obligatoria de los sistemas de gestión de la energía que, por lo menos, consideren lo establecido en el estándar ISO 50001.	Convierte a ISO 50001 en el piso normativo, no en una recomendación.
96	Los suministradores y comercializadores de energía deben informar anualmente a la CONUEE sobre los usuarios finales que cumplan los criterios para ser UPAC.	La autoridad identifica a los obligados por la vía del suministrador.
98	La baja del Registro procede después de tres años, previa solicitud con un año de anticipación, siempre que se haya cumplido la implementación del sistema de gestión de la energía.	No hay salida del padrón sin acreditar el SGen.
110	Las visitas de verificación a los UPAC deben dirigirse a los sistemas de gestión de la energía que instrumenten, así como a los elementos de medición, reporte y verificación.	La inspección revisa el sistema, no solo el reporte.
130	Se puede otorgar hasta doce meses para cumplir las obligaciones impuestas en una resolución sancionatoria; en caso de reincidencia el monto de la multa se duplica.	Existe margen de corrección, con costo explícito por reincidencia.

Elemento pendiente de verificación

Las disposiciones administrativas de carácter general del artículo 88 son el documento que fija umbrales definitivos, formatos y plazos concretos de implementación del sistema de gestión. Conviene confirmar su estado de publicación en el Diario Oficial de la Federación y en el portal de la CONUEE antes de utilizar este documento como referencia de cumplimiento.

4.4 La dimensión del universo obligado

El programa UPAC no es nuevo —la obligación de entregar información sobre utilización energética se estableció por primera vez en 2008—, pero el peso normativo del sistema de gestión sí lo es. En el ciclo de captura 2024 se registraron **529 instalaciones**. En el ejercicio 2022, 411 UPAC reportaron un consumo de **1,782 PJ** y, con 247 medidas de eficiencia implementadas, un ahorro de **132.7 PJ**, equivalente al **7 % del consumo reportado**.

Ese 7 % constituye una referencia empírica valiosa porque no es una proyección: es el ahorro que las propias empresas reportaron a la autoridad con medidas ya ejecutadas. El contraste con los 69 certificados ISO 50001 vigentes en el país describe la magnitud del esfuerzo pendiente. Conviene precisar, sin embargo, que la ley exige *implementar* un sistema de gestión que considere al menos lo establecido en ISO 50001, lo que no es idéntico a *certificarse* ante un organismo acreditado; existen instalaciones con sistemas maduros sin certificado.

5. El sistema de gestión de la energía

Un sistema de gestión de la energía es una metodología para mejorar el desempeño energético de una organización con independencia de su tamaño o actividad. Su valor no reside en la documentación sino en la permanencia: convierte el ahorro en un proceso institucional en lugar de un proyecto aislado que depende de una persona.

5.1 Beneficios documentados

- Permite identificar, priorizar y seleccionar acciones de mejora con base en su potencial de ahorro y el nivel de inversión requerido.
- Reduce costos al aprovechar al máximo los recursos energéticos, e impulsa la productividad por mayor aprovechamiento y menor desperdicio.
- Promueve las mejores prácticas de gestión energética y asegura la confianza y calidad de la información que sustenta las decisiones.
- Facilita la integración con sistemas de gestión ya existentes, al compartir la estructura de alto nivel con ISO 9001 e ISO 14001.
- Desarrolla capacidades internas y genera una cultura organizacional orientada a la gestión de la energía.

5.2 El ciclo de implementación

La metodología se organiza sobre el ciclo Planear–Hacer–Verificar–Actuar, con siete etapas operativas a partir de la identificación del escenario inicial.



Figura 1. Ciclo de diseño e implementación de un sistema de gestión de la energía, con las etapas E0 a E7. Fuente: CONUEE.

Fase	Etapas
Planear	E1 establecer el compromiso con el SGEn · E2 evaluar el desempeño energético · E3 establecer objetivos y metas · E4 crear planes de acción
Hacer	E5 poner en práctica los planes de acción
Verificar	E6 evaluar el progreso contra la línea base
Actuar	E7 asegurar la mejora continua

La etapa E2 —evaluar el desempeño energético— concentra la mayor carga técnica y se desglosa a su vez en seis pasos: identificar y evaluar requisitos legales y otros; recopilar datos energéticos; establecer usos significativos de energía; definir la línea de base energética y los indicadores de desempeño; registrar oportunidades de mejora; y desarrollar un sistema de seguimiento. Es exactamente el contenido de un diagnóstico energético.

6. El diagnóstico energético

El diagnóstico energético es el estudio mediante el cual se analizan los usos y consumos de energía eléctrica o térmica de una industria, comercio o servicio, con el objetivo de identificar, evaluar y cuantificar de manera detallada el potencial de ahorro de energía existente.

6.1 Actualización normativa

ISO 50002:2014 fue reemplazada en 2025 por una serie de tres partes, construida a partir de aquella norma y de la europea EN 16247-1:2022:

Norma	Alcance
ISO 50002-1:2025	Requisitos generales y principios de la auditoría energética, incluidos los requisitos de competencia del auditor. Reemplaza a ISO 50002:2014.
ISO 50002-2:2025	Guía para auditorías energéticas en edificios, individuales o en portafolio: envolvente, sistemas técnicos del edificio y comportamiento de los ocupantes.
ISO 50002-3:2025	Guía para auditorías energéticas en procesos, con uso directo (hornos, secadores, intercambiadores) e indirecto (motores, bombas, aire comprimido), incluyendo arranques, paros, mantenimiento y cambios de producto.

6.2 Niveles de profundidad

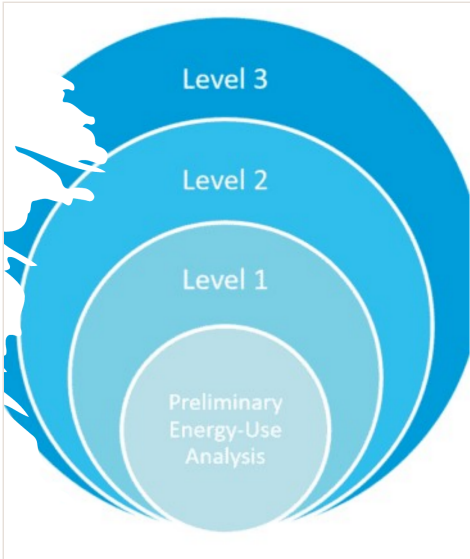


Figura 2. Niveles de profundidad de un diagnóstico energético, desde el análisis preliminar de uso de energía hasta el nivel 3. Fuente: ASHRAE.

Nivel	Contenido	Aplicación
Nivel 1 Revisión básica	Revisión energética y análisis básico del consumo, censo de cargas eléctricas y térmicas, balance de energía, identificación de medidas de eficiencia energética y evaluación técnica y económica con cuantificación de beneficios, montos de inversión con precios de mercado actualizados, análisis de rentabilidad por medida y evaluación del potencial de mitigación de GEI.	Tamizaje inicial y priorización de sitios en un portafolio.
Nivel 2 Análisis detallado	Todo lo anterior, incorporando mediciones energéticas en equipos y sistemas eléctricos y térmicos , con montos de inversión desglosados y análisis de rentabilidad por tipo de medida propuesta.	Estándar de la industria e insumo directo del sistema de gestión.
Nivel 3 Ingeniería de detalle	Modelado, simulación e ingeniería con precisión suficiente para decisiones de inversión de capital mayor.	Reconversión, cogeneración, cambio de tecnología.

La diferencia que define el costo del estudio

La frontera entre el nivel 1 y el nivel 2 es la **campana de medición instrumentada**: analizador de calidad de la energía en subestaciones y tableros, análisis de gases de combustión en generadores de vapor y hornos, termografía, detección de fugas en aire comprimido, y balance de vapor y condensados. Sin ella, los ahorros estimados descansan en valores de placa y supuestos de operación, no en el comportamiento real de la instalación.

7. Evaluación del desempeño energético

7.1 El flujo de energía

El punto de partida es el mapa que conecta cada energético que entra a la instalación con las áreas y procesos que lo consumen, hasta llegar a los productos terminados. Ese diagrama define dónde deben colocarse los puntos de medición y permite distinguir entre áreas productivas y servicios auxiliares.

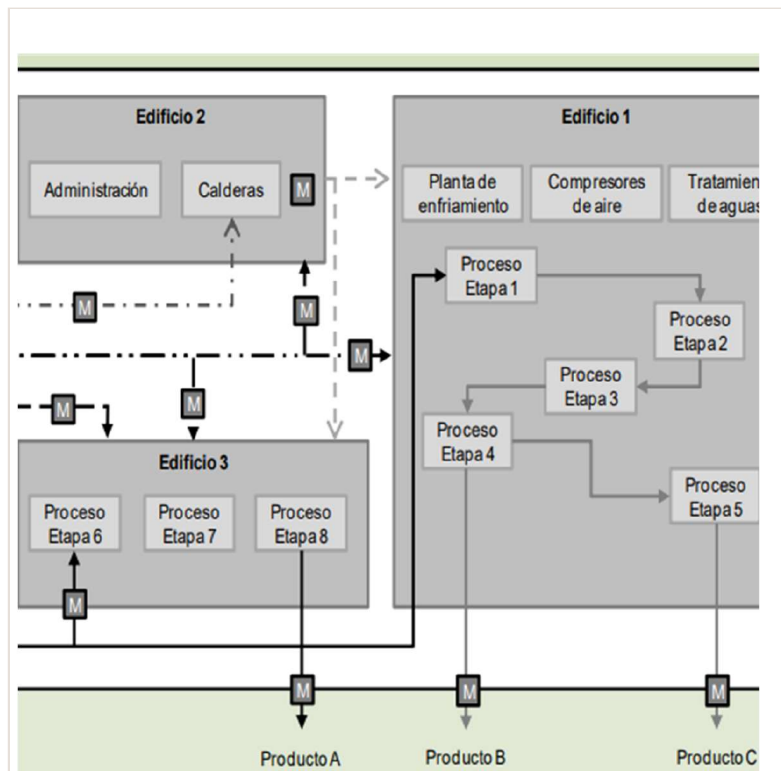


Figura 3. Flujo de energía asociado a las áreas y procesos de la organización. Cada marca «M» corresponde a un punto de medición. Fuente: CONUEE.

7.2 Entradas y salidas del proceso de evaluación

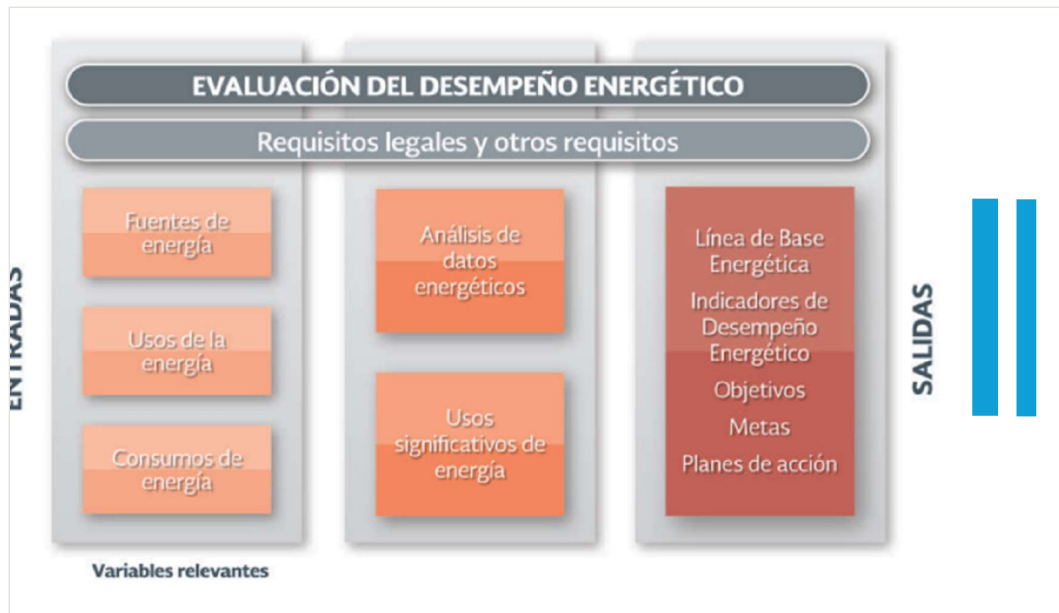


Figura 4. Estructura de la evaluación del desempeño energético: fuentes, usos y consumos como entradas; línea base, indicadores, objetivos, metas y planes de acción como salidas. Fuente: CONUEE.

Las cuatro salidas —línea de base energética, indicadores de desempeño energético, objetivos y metas, y planes de acción— constituyen el criterio de aceptación de un diagnóstico destinado a alimentar un sistema de gestión. Un estudio que entrega únicamente un listado de medidas no satisface los requisitos de la cláusula 6 de ISO 50001.

7.3 Usos significativos de la energía

Los usos significativos son los pocos equipos, sistemas o procesos que concentran la mayor parte del consumo, o aquellos con un potencial considerable de mejora. Su identificación determina dónde se concentran los recursos de medición, control operacional y competencia del personal.

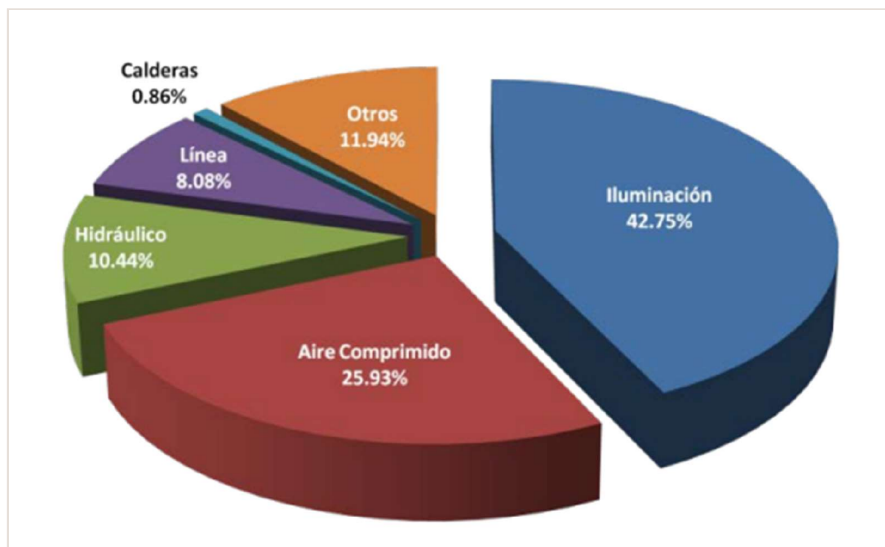


Figura 5. Distribución de usos significativos de energía en una instalación analizada. Iluminación y aire comprimido concentran el 68.7 % del consumo. Fuente: resultado de estudios propios.

El caso de la figura ilustra un patrón frecuente y contraintuitivo: la iluminación —que rara vez se percibe como un uso crítico— representa el 42.75 % del consumo, y el aire comprimido, con frecuencia tratado como un servicio auxiliar

barato, otro 25.93 %. Las calderas, que suelen concentrar la atención por su tamaño físico, apenas 0.86 %. Sin la medición, la priorización habría sido la opuesta.

7.4 Indicadores de desempeño energético

Un indicador de desempeño energético relaciona la producción con la energía consumida para obtenerla. Puede construirse en cuatro niveles de agregación, y la elección del nivel determina si el indicador sirve para decidir o solo para reportar.



Figura 6. Niveles de construcción de indicadores: instalación, proceso, sistema energético y equipo. Fuente: CONUEE.

Nivel	Ejemplos de indicador	Quién actúa sobre él
Instalación	Intensidad energética global, macro-indicadores	Dirección general
Proceso	kWh por tonelada de producto, GJ por lote, por línea de producción	Gerencia de producción
Sistema energético	Consumo específico de vapor, kW/100 pcm de aire comprimido, W/m ² de iluminación	Ingeniería y mantenimiento
Equipo	Eficiencia de caldera, eficiencia de compresor, factor de carga de motor	Operación

7.5 Línea de base energética

La línea de base energética es la referencia cuantitativa que proporciona la base de comparación del desempeño de un equipo o sistema, y que sirve para evaluar el ahorro una vez implementadas las medidas. Refleja un periodo específico y **puede normalizarse mediante las variables que afectan el uso y el consumo de energía**: volumen de producción, mezcla de producto, temperatura ambiente, número de turnos.

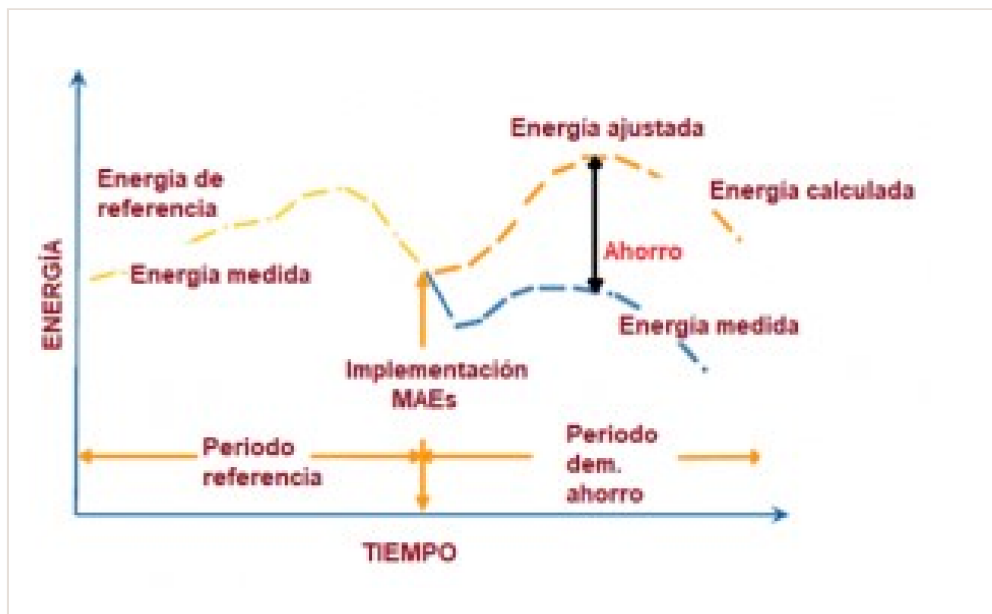


Figura 7. Determinación del ahorro: la energía de referencia se ajusta a las condiciones del periodo de demostración y se compara contra la energía medida. Fuente: IPMVP.

El ahorro no es la diferencia entre el consumo antes y después, sino entre la **energía ajustada** —lo que se habría consumido bajo las condiciones actuales de operación sin las medidas— y la **energía medida**. Esta distinción es la que permite defender el resultado ante la dirección y ante un verificador cuando la producción cambió entre ambos periodos.

Herramientas y protocolos de apoyo

- **ISO 50006** — guía para establecer, usar y mantener indicadores de desempeño y líneas base.
- **ISO 50004** — guía de implementación y mejora continua del sistema de gestión.
- **EnPI Tool** — herramienta de regresión y normalización desarrollada por el Departamento de Energía de los Estados Unidos, de descarga gratuita.
- **IPMVP** — Protocolo Internacional de Medición y Verificación del Desempeño, que estructura la demostración del ahorro en cuatro opciones según se aísla una medida, se mida el sistema completo, se trabaje con la facturación de toda la instalación o se recurra a simulación calibrada.

8. Medidas de ahorro y evaluación económica

Una medida de ahorro de energía es cualquier acción técnicamente factible que conduzca a una reducción económicamente viable de la energía necesaria para satisfacer las necesidades de la organización, asegurando un nivel de calidad igual o superior. Incluye también las medidas que generan beneficio económico por reducción del costo de los energéticos o por producción de energía mediante fuentes renovables.

8.1 Estructura de la cartera de medidas

El entregable que sostiene la decisión de inversión es una tabla en la que cada medida se documenta con sus beneficios técnicos y ambientales, el monto de inversión y el periodo simple de recuperación.

No	Oportunidad	Beneficios ambientales y/o técnicos	(\$)	Inversión	años		
1	Optimizar el sistema de iluminación	Disminución de Energía Eléctrica:	87,818	246,073	2.8		
		Demanda: 14.3 kW					
		Consumo: 39,215 kWh/año					
		Disminución de Agentes de GEI					
		CO ₂ eq: 26 TonCO ₂ /año					
2	Eliminar el aire comprimido del sistema hidroneumático y colocar un tanque de membrana	Disminución de Energía Eléctrica:	172,195	50,000	0.29		
		Demanda: -- kW					
		Consumo: 121,965 kWh/año					
		Disminución de Agentes de GEI					
		CO ₂ eq: 60.32 TonCO ₂ /año					
3	Optimizar la eficiencia del generador de vapor por medio de una correcta carburación	Disminución de Energía Térmica:	39,821	24,000	0.60		
		Consumo: 143.20 GJ/año					
		6,185.29 l/año					
		Disminución de Agentes de GEI					
		CO ₂ eq: 9.07 TonCO ₂ /año					
4	Aislar las tuberías de Vapor del sistema	Disminución de Energía Térmica:	321,041	114,200	0.36		
		Consumo: 1,170.86 GJ/año					
		49,886.61 l/año					
		Disminución de Agentes de GEI					
		CO ₂ eq: 73.88 TonCO ₂ /año					
5	Aislar las tuberías de condensados del sistema	Disminución de Energía Térmica:	28,551	46,432	1.62		
		Consumo: 104.13 GJ/año					
		4,434.76 l/año					
		Disminución de Agentes de GEI					
		CO ₂ eq: 6.57 TonCO ₂ /año					
SUBTOTALES		Disminución de Energía Eléctrica:	260,013	296,073	1.14		
		Demanda: 14.3 kW					
		Consumo: 161,180 kWh/año					
		Disminución de Energía Térmica:					
		Consumo: 1,418.19 GJ/año					
Total		60,506.66 l/año	389,413	184,632	0.47		
		Disminución de Agentes de GEI					
		CO ₂ eq: 175.84 TonCO ₂ /año					
		649,426				480,705	0.74

Tabla A. Cartera de medidas de un diagnóstico real: cinco oportunidades con beneficios energéticos, económicos y de mitigación de GEI. Fuente: resultado de estudios propios.

Agrupación	Beneficio anual	Inversión	PSRI	Mitigación
Medidas eléctricas — 14.3 kW de demanda y 161,180 kWh/año	\$260,013	\$296,073	1.14 años	—
Medidas térmicas — 1,418.19 GJ/año y 60,506.66 l/año	\$389,413	\$184,632	0.47 años	—
Total del portafolio	\$649,426	\$480,705	0.74 años	175.84 tCO₂/año

Dos observaciones de este portafolio tienen valor metodológico general. Primera: las medidas **térmicas resultaron más rentables que las eléctricas** —0.47 contra 1.14 años—, lo que contradice la intuición habitual de concentrar el esfuerzo en el lado eléctrico. Segunda: la medida individual más rentable fue eliminar el aire comprimido de un sistema hidroneumático y sustituirlo por un tanque de membrana, con un periodo de recuperación de **0.29 años**; se trata de una medida de rediseño operativo, no de sustitución de equipo.

8.2 Criterios de evaluación

El periodo simple de recuperación de la inversión es el indicador de comunicación, pero no debe ser el único criterio de decisión, porque ignora el valor del dinero en el tiempo y la vida útil remanente de la medida. Para carteras que compiten por presupuesto conviene acompañarlo de valor presente neto y tasa interna de retorno, y para efectos de reporte de sostenibilidad, del costo por tonelada de CO₂ equivalente evitada.

9. Resultados observados en cuatro sectores

A continuación se presentan los resultados de cuatro instalaciones de sectores distintos en las que se aplicó la metodología descrita. Los valores corresponden a los ahorros identificados y evaluados en cada estudio.

Indicador	Embotelladora	Alimentos	Farmacéutica	Cementera	Total
Agua potable (m³/año)	96,086	22,272	36,762	135,800	290,920

Demanda eléctrica (kW)	566.6	2,463	113	3,346	6,489
Consumo eléctrico (kWh/año)	1,112,867	1,050,614	511,266	26,304,226	28,978,973
Emisiones evitadas (tCO₂/año)	727	1,816	805	20,004	23,352
Otros insumos	137 t/año	—	134 m ³ residuos	—	—
Ahorro económico anual	\$2,588,040	\$4,599,048	\$3,646,000	\$19,188,898	\$30,021,986
Periodo simple de recuperación	0.38 años	0.60 años	1.04 años	3.09 años	—

Tabla B. Resultados de los cuatro estudios. Los ahorros de agua e insumos corresponden a diagnósticos integrales que incorporaron uso eficiente de agua y minimización de residuos. Fuente: resultado de estudios propios.

9.1 Análisis derivado

A partir del ahorro anual y del periodo simple de recuperación reportados es posible estimar la inversión asociada a cada cartera y construir dos indicadores adicionales de comparación. Se trata de valores **derivados**, no reportados directamente en los estudios.

Instalación	Inversión estimada	Costo por kWh anual ahorrado	Costo por tCO ₂ anual evitada
Embotelladora	\$983,455	\$0.88	\$1,353
Alimentos	\$2,759,429	\$2.63	\$1,520
Farmacéutica	\$3,791,840	\$7.42	\$4,710
Cementera	\$59,293,695	\$2.25	\$2,964
Agregado	\$66,828,419	\$2.31	\$2,862

Tabla C. Indicadores derivados. Inversión estimada = ahorro anual × PSRI. El periodo de recuperación agregado del conjunto resulta de 2.23 años. Fuente: resultado de estudios propios.

El análisis permite tres lecturas. Primera: **la escala domina el resultado absoluto pero no la rentabilidad**. La cementera concentra el 64 % del ahorro económico del conjunto y el 86 % de las emisiones evitadas, pero es también la de recuperación más lenta; la embotelladora, con una fracción del ahorro, recupera la inversión en menos de cinco meses.

Segunda: el costo por kWh anual ahorrado varía en un rango de ocho a uno entre casos, lo que refleja la heterogeneidad de las medidas —cambios operativos de inversión casi nula frente a sustitución de equipo— más que diferencias de sector.

Tercera: el **costo por tonelada de CO₂ evitada**, entre 1,353 y 4,710 pesos anuales de inversión, ubica a la eficiencia energética como una de las rutas de mitigación más económicas disponibles para la industria, con la particularidad de que genera flujo positivo en lugar de costo neto.

Los co-beneficios no son marginales

Además de los 30 millones de pesos anuales y los 29 GWh, los cuatro estudios documentan 290,920 m³ de agua potable, 137 toneladas de insumos y 134 m³ de residuos que dejan de consumirse o generarse. En instalaciones con restricción hídrica, el ahorro de agua puede ser el argumento que autorice el proyecto, aun cuando el análisis se haya construido sobre la energía.

10. Barreras y factores críticos de éxito

La evidencia anterior plantea una pregunta obligada: si los periodos de recuperación se miden en meses, ¿por qué la adopción es tan baja? La respuesta rara vez es tecnológica.

10.1 Barreras recurrentes

Barrera	Manifestación en campo
Prioridad operativa	La disponibilidad de la línea de producción se antepone a cualquier intervención. La medida se pospone indefinidamente aunque su recuperación sea inmediata.
Calidad del dato	No existe medición mensual confiable por instalación y por energético. Sin ella no puede construirse una línea base defendible.
Atribución difusa	La energía se contabiliza como gasto general y no se asigna a un centro de costo con responsable. Nadie responde por su variación.
Horizonte de decisión	Los criterios de inversión exigen recuperaciones más cortas a la eficiencia que a la ampliación de capacidad, aun con riesgo menor.
Rotación de personal	El conocimiento reside en una persona. Su salida detiene el programa. Es precisamente el problema que resuelve un sistema de gestión.

10.2 Factores críticos de éxito

- Compromiso de la alta dirección con recursos asignados.** No como declaración, sino como presupuesto y tiempo del personal.
- Calidad del dato antes que instrumentación masiva.** Instalar medidores antes de saber qué usos son significativos encarece el proyecto sin mejorar el desempeño.
- Indicadores en el nivel donde alguien puede actuar.** Un indicador que solo se reporta y sobre el que nadie decide no genera mejora.
- Medición y verificación desde el diseño de la medida,** no después de implementarla. Un ahorro que no puede demostrarse no puede defenderse.
- Integración con los sistemas de gestión existentes.** La estructura de alto nivel compartida con ISO 9001 e ISO 14001 permite reutilizar auditoría interna, control documental y revisión por la dirección.

11. Conclusiones

1. **La eficiencia energética cambió de categoría.** Pasó de ser un tema ambiental voluntario a un requisito de competitividad y, en México desde 2025, a una obligación con régimen de verificación y sanción.
2. **El diagnóstico y el sistema de gestión son complementarios, no sustitutos.** El diagnóstico de nivel 2 produce la revisión energética, los usos significativos, los indicadores y la línea base que exige la cláusula 6 de ISO 50001; el sistema de gestión aporta el liderazgo, el control operacional y la mejora continua que el diagnóstico no cubre.
3. **La evidencia económica es contundente y no requiere supuestos optimistas.** Cuatro instalaciones de sectores distintos acumulan 30 millones de pesos de ahorro anual con un periodo de recuperación agregado de 2.23 años, y el propio padrón UPAC reporta un ahorro equivalente al 7 % del consumo con medidas ya implementadas.
4. **La brecha nacional es simultáneamente un riesgo de cumplimiento y una oportunidad.** Frente a un padrón de más de quinientas instalaciones, el país registra 69 certificados ISO 50001 vigentes.
5. **El obstáculo dominante es organizacional.** Con periodos de recuperación medidos en meses, lo que detiene los proyectos no es la rentabilidad ni la tecnología, sino la calidad del dato, la atribución de responsabilidad y la prioridad operativa.

12. Referencias

- [1] Organización de las Naciones Unidas. *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Resolución A/RES/70/1. Nueva York, 2015.
- [2] Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. *Primer balance mundial*, decisión 1/CMA.5. 28.^a Conferencia de las Partes, Dubái, 2023.
- [3] World Economic Forum. *Annual Meeting 2024: Rebuilding Trust*. Davos-Klosters, Suiza, enero de 2024.
- [4] International Energy Agency. *Energy Efficiency 2025*. París: IEA, noviembre de 2025.
- [5] Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. *Directiva (UE) 2023/1791 relativa a la eficiencia energética*, artículo 11. Diario Oficial de la Unión Europea, L 231, 20 de septiembre de 2023.
- [6] Comisión Europea. *Recomendación (UE) 2024/2002 por la que se establecen directrices para la interpretación del artículo 11 de la Directiva (UE) 2023/1791 en lo relativo a los sistemas de gestión de la energía y las auditorías energéticas*. Bruselas, 2024.
- [7] International Organization for Standardization. *The ISO Survey of Management System Standard Certifications 2024*. Ginebra: ISO, septiembre de 2025. Datos provenientes de IAF CertSearch.
- [8] Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. *Ley de Planeación y Transición Energética*. Diario Oficial de la Federación, 18 de marzo de 2025.
- [9] Presidencia de la República. *Reglamento de la Ley de Planeación y Transición Energética*. Diario Oficial de la Federación, edición vespertina, 3 de octubre de 2025.
- [10] Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. *Informe del Programa de Usuarios de Padrón de Alto Consumo 2024*. México, 2025.
- [11] Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. *PRONASGEEn. Programa Nacional para Sistemas de Gestión de la Energía*. Dirección General Adjunta de Gestión para la Eficiencia Energética. México.
- [12] Secretaría de Energía. *Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (PRONASE)*. México.
- [13] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. *Programa Especial de Cambio Climático (PECC)*. México.

[14] International Organization for Standardization. *ISO 50001:2018. Energy management systems — Requirements with guidance for use*. Ginebra: ISO, 2018. Equivalente nacional: NMX-J-SAA-50001-ANCE-IMNC.

[15] International Organization for Standardization. *ISO 50002-1:2025. Energy audits — Part 1: General requirements with guidance for use*. Ginebra: ISO, 2025. Sustituye a ISO 50002:2014.

[16] International Organization for Standardization. *ISO 50002-2:2025. Energy audits — Part 2: Guidance for conducting an energy audit using ISO 50002-1 in buildings*. Ginebra: ISO, 2025.

[17] International Organization for Standardization. *ISO 50002-3:2025. Energy audits — Part 3: Guidance for conducting an energy audit using ISO 50002-1 in processes*. Ginebra: ISO, 2025.

[18] International Organization for Standardization. *ISO 50004:2020. Energy management systems — Guidance for the implementation, maintenance and improvement of an ISO 50001 energy management system*. Ginebra: ISO, 2020.

[19] International Organization for Standardization. *ISO 50006:2023. Energy management systems — Evaluating energy performance using energy performance indicators and energy baselines*. Ginebra: ISO, 2023.

[20] Efficiency Valuation Organization. *International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP). Core Concepts*, edición vigente. Washington, D. C.

[21] U.S. Department of Energy, Industrial Efficiency and Decarbonization Office. *Energy Performance Indicator Tool (EnPI) v4.0*. Washington, D. C.

[22] Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias. *Definición de eficiencia energética*. Material institucional. México.

[23] Comisión Federal de Electricidad. *Eficiencia energética: conceptos básicos*. Material institucional. México.

Glosario de siglas

SGE_n	Sistema de Gestión de la Energía	USE_n	Uso Significativo de la Energía
ID_n	Indicador de Desempeño Energético	LB_n	Línea de Base Energética
MAE	Medida de Ahorro de Energía	PSRI	Periodo Simple de Recuperación de la Inversión
UPAC	Usuario de Patrón de Alto Consumo	GEI	Gases de Efecto Invernadero
LPTE	Ley de Planeación y Transición Energética	M&V	Medición y Verificación
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía	IEA	International Energy Agency

· Sobre el autor

Ignacio García Sánchez es especialista en energía, eficiencia energética y sustentabilidad, con más de veinticinco años asesorando al sector industrial, a organismos gubernamentales y a entidades multilaterales en el diseño e implementación de estrategias de transición energética, descarbonización y gestión de emisiones. Es Profesor Investigador Titular C en la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Energía y Movilidad del Instituto Politécnico Nacional, donde imparte las materias de Eficiencia Energética y Administración de Proyectos Energéticos y dirige trabajos de tesis e investigación aplicada.

Cuenta con maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, especialidad en Eficiencia Energética y Energías Renovables por la Hochschule Wismar de Alemania con auspicio del Gobierno alemán, y estudios doctorales en Ciencias en Ingeniería Mecánica, especialidad Energía, por ESIME Zacatenco del IPN. Está certificado como Auditor en Eficiencia Energética por TÜV y acreditado como Experto Técnico por la Entidad Mexicana de Acreditación en ISO 50001, huella de carbono y verificación de emisiones de gases de efecto invernadero.

Fue Subdirector Técnico y de Vinculación Industrial del Centro Mexicano para la Producción más Limpia del IPN y consultor internacional de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. Ha colaborado con la GIZ, el Banco Interamericano de Desarrollo, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.

· Declaraciones

Autoría. El presente documento fue elaborado en su totalidad por el autor, quien asume la responsabilidad de su contenido, del análisis desarrollado y de las conclusiones formuladas.

Origen de los datos. Los resultados presentados en el apartado 9 provienen de estudios de diagnóstico energético realizados o coordinados por el autor. Las instalaciones se identifican únicamente por sector con el fin de preservar la confidencialidad acordada con las organizaciones participantes. Los indicadores de la Tabla C son cálculos derivados por el autor a partir de los valores reportados en dichos estudios y se identifican expresamente como tales.

Conflicto de intereses. El autor declara no tener conflicto de intereses respecto del contenido de este documento.

Financiamiento. El documento no recibió financiamiento externo específico para su elaboración.

Vigencia normativa. El marco regulatorio mexicano descrito en el apartado 4 se encuentra en desarrollo reglamentario a la fecha de corte. Se recomienda verificar el estado de publicación de las disposiciones administrativas de carácter general referidas en el artículo 88 del Reglamento de la Ley de Planeación y Transición Energética antes de emplear este documento como referencia de cumplimiento.

Uso del material gráfico. Las figuras 1, 3, 4 y 6 provienen de material técnico de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía; la figura 2 de ASHRAE; y la figura 7 del Protocolo Internacional de Medición y Verificación del Desempeño. Se reproducen con fines académicos y de divulgación técnica, con indicación de su fuente en el pie correspondiente. La figura 5 y las tablas A, B y C son resultado de estudios propios.