



Fecha de presentación: diciembre, 2021

Fecha de aceptación: enero, 2022

Fecha de publicación: marzo, 2022

FACTORES DETERMINANTES

PARA LA EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS ORGANIZACIONES: UNA VISIÓN DESDE LAS CONDICIONES DE COLOMBIA

DETERMINING FACTORS FOR THE MEASUREMENT OF ENERGY EFFICIENCY IN ORGANIZATIONS: A VISION FROM THE CONDITIONS OF COLOMBIA

Aurora Piñeres Castillo¹

E-mail: apineres2@cuc.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2445-8297>

Juan José Cabello Eras¹

E-mail: jcabello2@cuc.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0949-0862>

Moises Hinojosa Rivera²

E-mail: moises.hinojosarv@uanl.edu.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3355-1904>

¹ Universidad de la Costa. Colombia.

² Universidad Autónoma de Nuevo León. México.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Piñeres Castillo, A., Cabello Eras, J. J., & Hinojosa Rivera, M. (2022). Factores determinantes para la evaluación de la eficiencia energética en las organizaciones: una visión desde las condiciones de Colombia. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(2), 509-520.

RESUMEN

La gestión eficiente de la energía tiene un impacto significativo en el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible, por ello se ha convertido en un reto para las naciones y todos los sectores de la economía, quienes a lo largo de las últimas décadas han avanzado en la creación de metodologías para evaluarla y mejorarla, sin embargo, es notable que, en países con economía emergente esta práctica es aún incipiente, particularmente a nivel empresarial donde destaca su escasa implementación. Tras revisar la literatura disponible sobre metodologías de evaluación de la gestión eficiente de la energía, se evidencia que cada una presenta estructuras y métodos de medición con distintos grados de complejidad, por tanto, se hace necesario consolidar la información disponible sobre ellas, describiendo sus componentes y analizando sus convergencias y divergencias de tal forma que se pueda extraer los factores que inciden en mayor medida en la gestión eficiente de la energía. Este documento proporciona una revisión sistemática de literatura sobre las metodologías de medición de la gestión energética, presentando una caracterización de los componentes de cada una tales como; los niveles o grados de cumplimiento que proponen y los enfoques diferenciales que poseen, todo esto con el fin de aportar a la línea de investigación y sentar las bases para la actualización de los métodos de medición existentes. Así mismo, se presenta a rasgos generales la estructura que soporta la gestión eficiente de la energía en Colombia, y las acciones que se han adelantado para llevarla al plano organizacional.

Palabras clave: Eficiencia energética, gestión de la energía, medición.

ABSTRACT

Efficient energy management has a significant impact on the achievement of the sustainable development goals; therefore it has become a challenge for nations and all sectors of the economy, who over the last decades have advanced in the creation of methodologies to evaluate and improve it, however, it is remarkable that, in countries with emerging economies, this practice is still incipient, particularly at the business level where its scarce implementation stands out. After reviewing the available literature on methodologies for evaluating efficient energy management it is evident that each one presents structures and methods of measurement with different degrees of complexity, therefore, it is necessary to consolidate the information available on them, describing their components and analysing their convergences and divergences in such a way that the factors that have the greatest impact on the efficient management of energy can be extracted. This paper provides a systematic review of the literature on energy management measurement methodologies, presenting a characterization of the components of each such as; the levels or degrees of compliance they propose and the differential approaches that they possess, all this in order to contribute to the line of research and lay the foundations for the updating of existing measurement methods. Likewise, the structure that supports the efficient management of energy in Colombia is presented in general features, and the actions that have been taken to bring it to the organizational level.

Keywords: Energy efficiency, energy management, measurement.

INTRODUCCIÓN

La agencia internacional de energía en su informe “Key world energy statistics”, establece que alrededor del 80% de la energía primaria es producto de combustibles fósiles (International Energy Agency, 2021), por consiguiente, organizaciones públicas y privadas a nivel mundial se han enfocado en avanzar hacia la eficiencia energética, siendo uno de sus derroteros el diseño e implementación de herramientas de gestión tales como el Sistema de Gestión de la Energía (SGE) propuesto por ISO a través de la norma ISO50001. Sin embargo, aunque esta norma establece los requisitos para la certificación del SGE y permite la ejecución de un análisis de brechas entorno al cumplimiento de estos, no representa una herramienta para determinar la posición en el camino o nivel de desarrollo en el que se encuentran las organizaciones en lo referente a la gestión de la energía (Introna, et al., 2014).

Organizaciones públicas y privadas, incluidos la académica y grupos de investigación, han trabajado en iniciativas que comprenden la ejecución de programas de auditoría industrial en eficiencia energética (EE), así como en el desarrollado metodologías para la medición de la gestión energética (GE); un ejemplo de dichas metodologías son las matrices de evaluación como las propuestas por Energy star (2013); Carbon trust (2015); y Sa, et al. (2017), las cuales según Introna, et al. (2014); y Prashar (2017), ofrecen una orientación en la implementación de programas de administración de la energía y proporcionan un análisis rápido de fortalezas y debilidades, sin embargo, no permiten desarrollar un análisis de la capacidad interna de las organizaciones para gestionar de forma eficiente sus recursos energéticos. Los modelos de madurez por su parte constituyen un método para establecer el nivel de avance de las organizaciones en cuanto a cumplimiento de ciertos criterios de evaluación, sin embargo, dichos criterios, difieren entre autores, debido a que en la actualidad los avances en este campo se dan de forma aislada, por lo que se hace necesario recopilarlos de tal manera que se complementen para conseguir una evaluación integral, cuyo resultado conlleve al establecimiento de acciones que contribuyan al aumento de la eficiencia energética y trasciendan a un impacto social y ambiental.

En lo relativo a Colombia, desde el año 1974 se creó el ministerio minas y energía, y posteriormente, la unidad de planeación minero energética (UPME) en el año 1992, y con el trasegar de los años se ha promulgado legislación para la promoción del uso racional y eficiente de la energía como es el caso de la Ley 697 (Congreso de la República de Colombia, 2001) en la cual se declaró este asunto de interés social público. Sin embargo (Colombia. Ministerio

de Minas y Energía, 2021) ha evidenciado en su informe sobre el plan de acción indicativo del programa de uso racional y eficiente de la energía, que *“en Colombia, la energía útil es apenas el 31 % de la final, es decir, la ineficiencia en el consumo es del orden del 67 %”*. Lo anterior pone de manifiesto la importancia en el desarrollo de estrategias que permitan la implementación de acciones contundentes para el logro de la eficiencia energética. En consecuencia, el presente trabajo de investigación representa una importante contribución, debido a que a través de la recopilación, análisis sistemático y abstracción de la información disponible en la literatura, aúna las metodologías de evaluación creadas por expertos en el campo de la gestión eficiente de energía, de tal forma que se puedan extraer los factores determinantes para evaluarla y mejorarla en el sector empresarial, y disponerlos en un instrumento de evaluación integral, que sirva para caracterizar sectores y transformar los programas de gobierno y legislación actuales, haciendo un trabajo mas contundente en el camino hacia el desarrollo sostenible.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo de investigación se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura científica relacionada con herramientas para la medición de la gestión de la energía y modelos de madurez en gestión de la energía, con el objetivo de recopilar información pertinente sobre las dimensiones y criterios de evaluación utilizados en cada uno de ellos.

Se estableció que los términos de consulta para la búsqueda fueran: “medición de madurez”, “gestión energética”, y “administración energética”, así mismo se precisó que las bases de datos de consulta especializada a utilizar fueran Scopus, Web of Science, IEEE, Science Direct.

Para hacer más riguroso el proceso de revisión, se realizó una depuración de documentos con el fin de excluir aquellos que no guardaran relación estrecha con el tema de investigación, tal y como se observa en la Figura 1.

Se excluyeron documentos de conferencias, disertaciones de maestría y doctoral, notas, manuales y artículos inéditos, posteriormente, se realizó un filtro según años de publicación para lo cual se consideró un espectro de tiempo comprendido desde el año 2000 al 2022, además de esto, la búsqueda se fundamentó en revistas enfocadas a las ingenierías, tecnología, medio ambiente, y producción más limpia. Por último, se realizó un filtro de análisis de relación con el tema de medición de gestión energética para obtener el insumo pertinente para el análisis sistemático.

Con esta recopilación de artículos se hizo una matriz que incluía el año de publicación, nombre del documento, nombre de la revista, autores, palabras claves, resumen, método usado, y la síntesis de su contribución para el presente estudio. El resultado de las acciones antes descritas condujo a un análisis metodológico de las herramientas y los procedimientos utilizados en la literatura, y finalmente a decantar las dimensiones y criterios de evaluación que proponen.

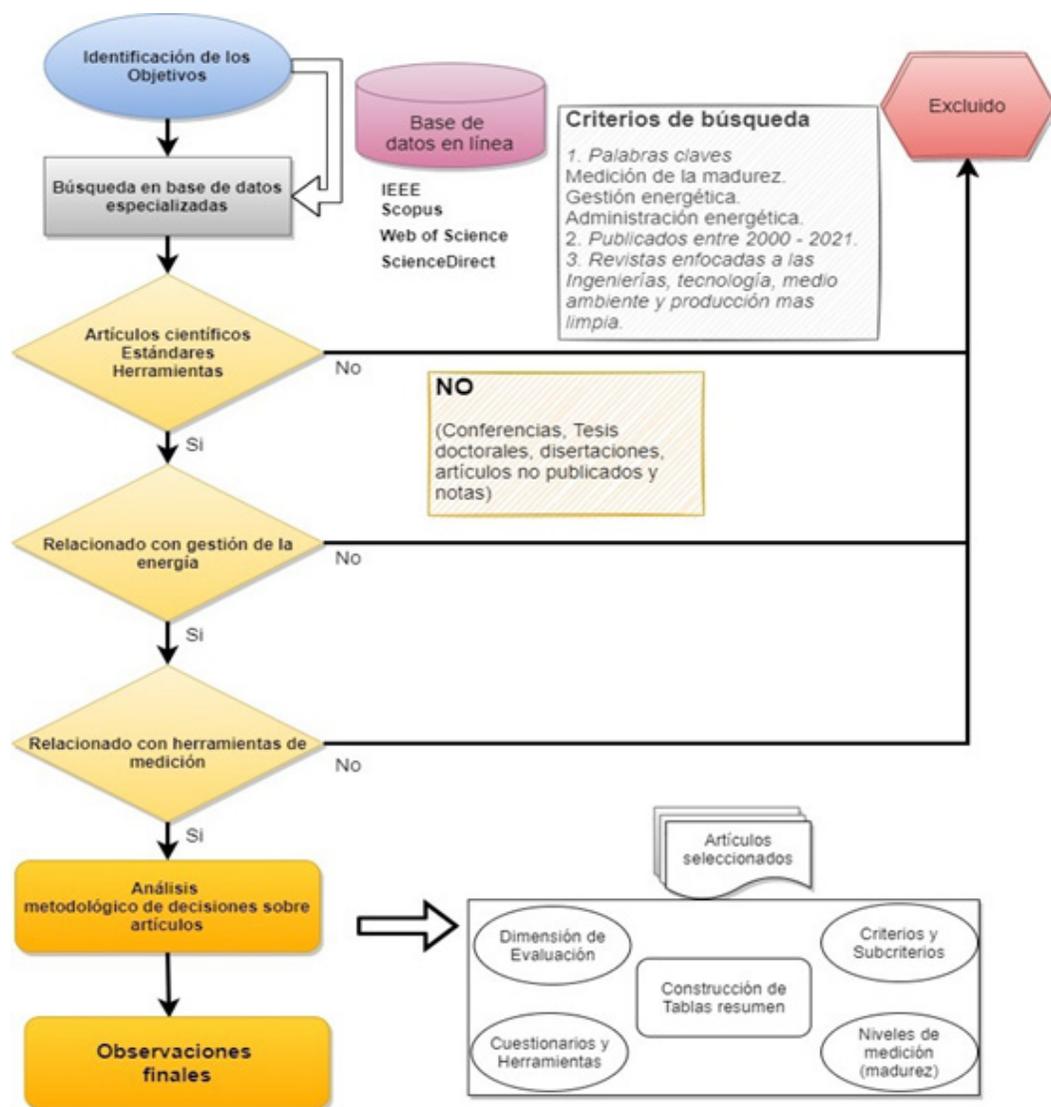


Figura 1. Algoritmo de búsqueda y revisión de literatura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado preliminar tras la búsqueda en las bases de datos de consulta especializada arrojó 120 artículos, sin embargo, luego de la aplicación de todos los criterios de exclusión se redujo a 16 que cumplían con todos los requerimientos, y que presentaban verdaderos aportes y modelos de referencia para la medición de la gestión energética. Posteriormente se llevó a cabo el análisis metodológico de cada uno, lo que permitió obtener una descripción detallada de las características de las herramientas de medición que proponían.

Según Finnerty, et al. (2017), la literatura de interés sobre medición de la gestión energética se puede clasificar en: Pautas industriales, estándares y literatura científica. Cuando se hace referencia a pautas industriales, se ha encontrado que en la mayoría de los casos son creadas por entidades gubernamentales como es el caso de “Energy star”, un programa de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) encaminado a determinar directrices

para abordar mejores prácticas de gestión de energía a través de una matriz de evaluación; otra de las pautas ampliamente utilizada en los sectores comercial e industrial es “Carbon Trust”, esta permite trazar una línea base de gestión energética e identificar las fallas en los sistemas de gestión. Por otra parte, cuando se habla de estándares para la implementación y medición de la gestión, la norma ISO 50001 promueve la certificación voluntaria desarrollada por International Organisation for Standardization. Su objetivo es ayudar a impulsar la gestión y el uso eficiente de las fuentes de energía a través del cumplimiento de requisitos mínimos para establecer un sistema de gestión de energía incorporando el ciclo de mejora continua PHVA.

En cuanto a la literatura científica, las herramientas más utilizadas para la medición de la gestión energética son los modelos de madurez. Por ejemplo, Gordić, et al. (2010), desarrollaron un sistema de gestión de la energía aplicado a un fabricante de automóviles serbio, el documento incluye: análisis crítico del sistema de administración de energía (matriz de gestión), análisis de la administración de energía, su estructura y una auditoría energética; Ngai, et al. (2013), proporcionan un marco de evaluación para analizar el nivel de madurez de la gestión de energía y servicios públicos en las organizaciones; Antunes, et al. (2014), proponen un modelo de madurez de gestión de la energía inspirado en el ciclo PHVA cuyo enfoque es a la mejora continua y sirve como guía en la implementación de sistemas de gestión de la energía basado en los requisitos de ISO 50001; Introna, et al. (2014), proponen un modelo de madurez para la gestión energética que define 5 niveles de madurez y 5 dimensiones de madurez diferentes; Finnerty, et al. (2017), elaboran un modelo de madurez de gestión de energía dirigido a una organización industrial de varios sitios para esto realiza una encuesta que se aplica a los responsables de la administración de energía en cada sitio y al equipo de administración de energía global respectivo y luego una evaluación de cada una de las áreas propuestas que permite saber el nivel de gestión que se encuentra en cada sitio en particular y globalmente en la organización.

Algunos modelos de madurez resultan de la combinación, actualización o mejora de modelos anteriores en este campo como es el caso de Jovanović & Filipović (2016), estos presentan un “Modelo de madurez de gestión de energía basado en ISO 50001” (EMMM50001) que vincula los niveles de madurez de Ngai, et al. (2013a), con todos los procesos ISO 50001 y las fases PHVA, además, se inspira en los modelos de madurez propuestos por O’Sullivan (2012); e Introna, et al., (2014); recientemente Jin, et al. (2021) realizaron una actualización y mejora del EMMM50001 tomando como referencia la actualización de la norma ISO50001 en su versión 2018. Otro ejemplo de estos modelos es el propuesto por Sa, et al. (2017), este modelo está inspirado en los aportes realizados en el modelo de Carbon trust (2015), adopta los 5 niveles de madurez y 5 dimensiones de evaluación.

Tabla 1. Resumen de las principales herramientas de medición de gestión de la energía.

Autor	Tipo de medición	Dimensiones	Niveles de gestión / Madurez
(Gordić, et al., 2010)	Matriz de evaluación	Política de gestión; Organización; Motivación del personal; Seguimiento y supervisión; Sensibilización y formación; Inversión	5(0 – 4)
(International Organization for Standardization, 2011)	Pautas/nivel cumplimiento	Planear, Hacer, Verificar, Actuar	% de cumplimiento de los procesos relacionados con PHVA
(O’sullivan, 2012)	Modelo de madurez	Planear: Revisión de energía; Métricas de rendimiento; Requisitos legales y otros; Registro de oportunidades; plan de acción; Obtención; Revisión de Gestión de Diseño. Hacer: formación y sensibilización; Comunicación; Control operacional; Competencia. Verificar: Auditoría interna; Seguimiento, medición y análisis; Mejora continua; Actuar: Política; Recursos y autoridad	Emergiendo; Definiendo; Integrando; Optimizando; Innovando
(Ngai, et al., 2013)	Modelo de madurez	Establecimiento de prácticas de gestión de energía, estandarización de prácticas gestión de rendimiento y mejora continua	Inicial; Gestionado; Definido; Cuantitativamente gestionado; Optimizado

Autor	Tipo de medición	Dimensiones	Niveles de gestión / Madurez
(Antunes, et al., 2014)	Modelo de madurez	Planear; Hacer; Verificar; Actuar	Inicial; Planificación; Implementación; Monitoreo; Mejora
(Introna, et al., 2014)	Modelo de madurez	Conciencia, conocimiento y habilidades; enfoque metodológico; gestión del rendimiento energético y sistema de información; estructura organizativa; Estrategia y alineación.	Inicial; Ocasional; Planificado; Gestionado; Óptimo
(Carbon Trust, 2015)	Matriz de evaluación	La política energética; Organización; formación; Medición del desempeño; Comunicación; Inversión.	5 (0-4)
(Carbon trust, 2015)	Matriz de evaluación	Compromiso de gestión; Cumplimiento normativo; Adquisiciones e Inversiones; Sistema de información energética e identificación de oportunidades; Cultura y comunicaciones.	0% -100%
(Jovanović & Filipović, 2016)	Modelo de madurez	Planear; Hacer; Verificar; Actuar	Inicial; Gestionado; Definido; Cuantitativamente gestionado; Optimizado
(Energy Star, 2016)	Matriz de evaluación	Hacer compromiso con la mejora continua; Evaluar el desempeño y las oportunidades; Fijar objetivos de desempeño; Crear plan de acción; Implementar el plan de acción; Evaluar el progreso; Logros de reconocimiento	Poca o ninguna evidencia; Algunos elementos /grado; Totalmente implementado
(Sa, et al., 2017)	Modelo de madurez	Política; Organización; Formación; Desempeño; Comunicación; Inversión	5 (0 - 4)
(Prashar, 2017)	Marco de evaluación de madurez	Compromiso de gestión eficaz, Estructura y procedimiento; Cumplimientos normativos y oportunidades de incentivos financieros; Sistema de información energética; Innovaciones de productos y procesos; Comunicación interna y cultura	Luchador; Principiante; Organizado; Triunfador; Clase mundial
(Finnerty, et al., 2017)	Modelo de madurez	Planear; Hacer; Verificar; Actuar	Mínimo; Emergente; Desarrollado; Avanzado; Líder
(Trianni, et al., 2019)	Nivel de cumplimiento	58 prácticas de gestión energética	4 (0 - 3)
(Benedetti, et al., 2019)	Modelo de madurez	conciencia, conocimientos y habilidades; enfoque metodológico, gestión del rendimiento energético; mejores prácticas y tecnologías disponibles.	inicial; ocasional; sistemático, pero no continuo; integrado; optimizado
(Jin, et al., 2021)	Modelo de madurez	Basado en ISO 50001: 2018, Sistema de gestión de energía, Liderazgo; Planificación; Soporte y Operación; Evaluación del desempeño; Mejora	Inicial; Gestionado, Sistemático, Mejorado, Optimizado.

Revisada a profundidad la literatura, se extrajeron las dimensiones y criterios de evaluación que proponían los autores consultados, y se dispusieron en la tabla 2.

Tabla 2. Descripción de Dimensiones y Criterios Presentes en las Herramientas de Medición de la Gestión Energética.

Referencias	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	DIMENSIONES				
		Gobernanza	Organización	Medición y Desempeño	Cultura y Gestión del Conocimiento	Inversión
(Gordic, et al., 2010)		Políticas de gestión energética; plan de acción	Delegación de responsabilidades por el consumo de energía	Sistema de control de consumo, identificación de fallas, cuantificación de ahorros y seguimiento del presupuesto	Canales de comunicación formales en todos los niveles	Evaluación detallada de inversiones de todos los nuevos edificios, equipos y oportunidades de renovación
(International Organization for Standardization, 2011)		Determinación de políticas, objetivos y metas energéticas, plan de acción; análisis del contexto organizacional; necesidades y expectativas de partes interesadas, determinación de riesgos y oportunidades; plan de recopilación de datos de energía	Establecimiento e implementación de los procesos y sus interacciones; conformación equipo de gestión de la energía, control operacional (establecimiento de criterios y programas de mantenimiento)	Implementación de indicadores de desempeño energético; línea base de energía; revisión energética (usos y consumo de energía); usos intensivos de energía; determinación de oportunidades de mejora del desempeño energético; evaluación del SGEN (auditoría interna y revisión por la dirección); mejora continua	Comunicación interna y externa; competencia de las personas (educación, formación, habilidades o experiencia); toma de conciencia; información documentada	Aseguramiento de la disponibilidad de recursos, implementación de criterios para evaluar el desempeño energético durante la vida operacional al adquirir productos, equipos y servicios
(Ngai, et al., 2013)		Establecimiento de Políticas, objetivos y prácticas de gestión de la energía	Estandarización de prácticas, procedimientos y métodos	Establecimiento de línea base de consumo; Modelo analítico y procesos de recolección de datos; medición y análisis del consumo por productos; auditoría interna y externa; mejora de procesos basada en fortalezas y debilidades.	Documentación y difusión de procesos; capacitación	N/A
(Energy star, 2013)		Política energética, objetivos estratégicos y de desempeño a corto y largo plazo; definición de plan de acción	Estandarización; definición de roles y responsabilidades	Recopilación y seguimiento de datos; establecimiento de líneas base; benchmarking; técnicas de evaluación y auditorías; Establecimiento del potencial de mejora; Medición de resultados; revisión del plan de acción.	Plan de comunicación, creación de conciencia, entrenamiento en mejores prácticas y uso de tecnologías; motivación y reconocimiento.	N/A

(Introna, et al., 2014)	Política energética; Definición de objetivos, indicadores de rendimiento y responsabilidades programa de actividades; Revisión por la dirección; Compromiso de gestión. Enfoque metodológico (soluciones rápidas, proyectos energéticos, gestión integral de la energía)	Equipo de energía; responsable de gestión de energía.	Recopilación y análisis de datos; Informes de rendimiento energético; planificación y control del presupuesto energético; previsión de consumos de energía y control en tiempo real.	Conocimiento de las personas en EE; conocimiento de la gerencia en prevención, problemas y gestión de mejoras; conocimientos técnicos: mercado de energía, relaciones con proveedores, estructura y evaluación de consumos de energía y su dependencia, sistemas de energía y mejores prácticas, análisis financiero de inversiones; Capacitación y habilidades para la gestión optima de la energía.	N/A
(Antunes, et al., 2014)	Establecimiento de políticas, indicadores y objetivos energéticos; Plan de acción, revisión por parte de la dirección.	Roles y responsabilidades	Revisión energética (usos de energía), benchmarking rendimiento actual, cumplimiento normativo; revisión de gestión; medición, seguimiento y análisis; auditoria.	Compromiso de gestión, formación. Comunicación. Documentación.	Priorización de inversiones y asignación de recursos obtención
(Carbon Trust, 2015)	Establecimiento de políticas; despliegue de objetivos y plan de acción congruente con la política energética; Compromiso de revisión de políticas, objetivos y planes (anual), mejora y reporte por parte de la dirección. Compromiso de la dirección en la revisión y cumplimiento normativo.	Establecimiento del rol de gerente de energía con participación en juntas directivas; nombramiento de personas responsables de la energía en los distintos niveles de la organización; descripción de roles, responsabilidades, actividades y recursos; reuniones regulares para la revisión de la GE.	Recolección regular de datos de consumo de energía y costos; análisis de consumos contra impulsores de consumo de energía (producción, temperatura, etc.); informes regulares y apropiados; comparación de datos energéticos con facturas de servicios públicos; emisiones de CO2 calculadas y analizadas; objetivos de ahorro y desempeño basado en análisis de datos y puntos de referencia apropiados; sistema de medición, monitoreo y focalización (MM&T) utilizado activamente para identificar oportunidades de ahorro; encuestas de energía del sitio realizadas regularmente; certificaciones energéticas.	Comunicación de políticas, objetivos y plan de acción a los empleados; Capacitación para el personal clave en gestión de la energía, (por ejemplo. Mantenimiento, sala de calderas, cuidadores, seguridad, etc.); campañas de sensibilización realizadas regularmente; Iniciativas de participación del personal (por ejemplo, a través de programas 'verdes'.); energía incluida en el entrenamiento de inducción del personal; energía / carbono incluidos en las comunicaciones regulares a partes interesadas más amplias (comunidad local, etc.)	Se debe Incluir la evaluación del impacto energético todas las adquisiciones; el rendimiento energético se especifica en nuevos edificios, proyectos de TI, planta de procesos, etc. Políticas de adquisición específicas utilizadas para productos particulares, por ejemplo, iluminación, motores etc. Presupuesto para mantenimientos enfocados a ahorro de energía.

(Jovanović & Filipović, 2016)	Definición de política energética; Planificación energética (equipo gestor, usuarios, revisión, plan de comunicación interna y externa); Identificación y evaluación de requisitos legales, Definición de indicadores, objetivos, metas y planes de acción.	Implementación de los planes energéticos; documentación y gestión de registros; Nombramientos, cargos y responsabilidades asociadas a la gestión de la energía (equipo gestor y usuarios)	Medición del cumplimiento de los planes estratégico y de acción. Establecimiento de línea base energética; auditorías interna y externa del sistema de gestión energética; control de la operación a través del monitoreo (en tiempo real)	Establecimiento de una red interna de conocimiento que involucre a todos los empleados; retroalimentación interna y externa; resultados compartidos con las partes interesadas.	Diseño y renovación de instalaciones, equipos, sistemas y procesos basados en la planificación y el rendimiento energético; adquisiciones energéticamente eficientes (proveedores verdes);
(Prashar, 2017)	Establecimiento de la EE como objetivo estratégico; Definición de políticas; Compromiso de la gerencia; Cumplimiento normativo	Planeación y programación de la producción; Establecimiento de prácticas operativas estándar Establecimiento de roles y responsabilidades. Innovación en productos. Innovación en procesos.	Establecimiento de sistemas de medición; recopilación y análisis de datos Revisión del cumplimiento; Identificación de oportunidades	Comunicación interna (reportes energéticos) Conciencia energética; Capacitación; utilización de redes sociales recompensas y reconocimiento	Incentivos financieros. Procedimientos de inversión y procedimientos de contratación de acuerdo con la planeación energética.
(Finnerty, et al., 2017)	política energética compromiso de la administración	Prácticas normales de operación y gestión relacionadas con medidas de eficiencia energética; Aplicación de prácticas de EE al diseño del espacio y la elección de los proveedores. existencia de un administrador de energía y un equipo de administración de energía	Evaluación de la política de medición y verificación (obtención de datos, presentación de resultados); Recopilación, el procesamiento, comunicación y la difusión de datos de rendimiento energético. Auditorías a la cadena de valor frente a los requerimientos energéticos; Medición de la implementación de sistemas de gestión energéticos Medición de los niveles de reconocimiento interno y externo de las acciones de eficiencia energética; Evaluación del compromiso y cumplimiento frente a las comunidades locales y las autoridades en materia de eficiencia energética	Capacitación del personal; concientización del personal; difusión de las medidas de gestión energética. Existencia y el compromiso de un foro de comunicación a nivel corporativo.	N/A

(Trianni, et al., 2019)		Definición de objetivos de eficiencia energética; Establecimiento de KPIs de eficiencia energética; Definición de responsabilidades; Definición de presupuestos por demanda y de eficiencia energética;	Control y optimización operacional; Técnicas de gestión de la demanda; documentación, gestión de registros e historial del uso de energía, de mantenimiento y proyectos sobre EE; mantenimiento basado en EE; programación de producción consciente de la energía; explotación de energías renovables; Optimización de actividades logísticas para reducir el consumo de energía.; apagar / cerrar / apagar máquinas cuando no se usan; Outsourcing de actividades de ingeniería, proyectos, operaciones y mantenimiento.	Recopilación y análisis de información; benchmarking; auditoría energética; asignación de costos energéticos, medición del uso de la energía. Medición de GEI / emisiones atmosféricas / huella de CO2. Seguimiento y evaluación del rendimiento energético.	Formación en EE para empleados; Comunicación interna sobre temas energéticos. Sistema interno de incentivo y reconocimiento para empleados. Marketing de acciones de EE y resultados para grupos de interés externos. Informe de rendimiento energético. Promoción de cambios de comportamiento simples.	Adquisición, / gestión de financiamiento e incentivos; adopción de contratos de inversión en EE; adopción de financiamiento externo; diseño de edificios e instalaciones energéticamente eficientes; adquisición eficiente de energía de equipos, materiales directos e indirectos; diseño de producto energéticamente eficiente. Optimizar la adquisición de energía basada en datos de energía.
-------------------------	--	---	---	--	--	---

Síntesis de la información obtenida

Una vez analizados todos los criterios de evaluación y las dimensiones propuestas en la literatura sobre metodologías para evaluación de la gestión de energía, se procede a aplicar el método de comparación constante de análisis cualitativo descrito por Wagner, et al. (1968), que se utiliza en el desarrollo de teorías basadas en datos existentes a través de la conexión de los puntos comunes identificados.

Se encontró que existen criterios determinantes en la gestión energética, algunos de ellos están enfocados en los esfuerzos realizados por la alta dirección destinada al cumplimiento de objetivos. Estos son definidos por los autores con distintas denominaciones: política (Sa et al., 2017), cumplimiento normativo y compromiso de gestión (Gordić et al., 2010; Carbon trust, 2015; Prashar, 2017); metas y plan (Energy star, 2013); estrategia y alineación (Introna, et al., 2014).

La determinación de una estructura organizacional, enfoque sistémico basado en procesos y la definición de niveles de autoridad, y equipo destinado a gestionar eficientemente la energía, estos criterios están referenciados por Gordić et al. (2010); O'Sullivan (2011); Introna, et al. (2014); Sa, et al. (2017); y Munguia, et al. (2018). Otro de los criterios importantes para la gestión energética dentro de las organizaciones son los relacionados con la medición y seguimiento del cumplimiento de los objetivos de consumo y gestión energética. Gordić, et al. (2010), lo define como seguimiento y supervisión; O'Sullivan (2011), como control operacional; Introna, et al. (2014); y Munguia, et al. (2018), como gestión del rendimiento energético y sistemas de información; Carbon trust (2015); y Sa, et al. (2017), describen como medición del desempeño.

Se observa además que algunos autores consideran la cultura, conocimiento y formación dentro de las organizaciones respecto a la eficiencia energética como factor determinante para la gestión de la energía, esta se fundamenta en criterios de evaluación expuestos como: formación y sensibilización (Gordić et al., 2010); comunicaciones, conciencia y formación (Energy Star, 2016), conciencia, conocimiento y habilidades (Introna, et al., 2014); o cultura y

comunicaciones por Carbon Trust (2015); y Prashar (2017). Finalmente, los esfuerzos de tipo financiero dedicados al mejoramiento general de las variables de gestión energética son tomados en consideración por Gordić, et al. (2010); Carbon trust (2015); y Sa, et al. (2017), todos lo definen como inversión.

En la Tabla 3 se encuentran consolidadas las dimensiones y criterios de evaluación determinantes para la gestión eficiente de la energía y que se obtuvieron tras el análisis sistemático.

Tabla 3. Dimensiones y criterios de evaluación determinantes para la gestión eficiente de la energía.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	DIMENSIONES				
	Gobernanza	Organización	Medición y Desempeño	Cultura y Gestión del Conocimiento	Inversión
Identificación y análisis de la organización y su contexto	Responsabilidad en la gestión de la energía	Recopilación y seguimiento de datos	Comunicación interna y externa	Aseguramiento y disponibilidad de recursos	
Plan estratégico	Gestión de procesos	Análisis del desempeño	Gestión del conocimiento	Evaluación previa de inversiones	
Compromiso de la dirección	Implementación de planes energéticos	Mejora continua	Toma de conciencia	Adquisición	
			Motivación y reconocimiento	Evaluación y desempeño de las inversiones	

Al consultar la literatura científica sobre metodologías de diagnóstico o de evaluación sobre la gestión de la energía en Colombia, no se evidencian trabajos de este tipo, sin embargo, en el informe sobre el plan de acción indicativo del programa de uso racional y eficiente de la energía (Colombia. Ministerio de Minas y Energía, 2020, 2021) se encontró que recomiendan el abordaje de estudios de brecha con respecto al cumplimiento de los requisitos de la NTC ISO 50001 para la implementación de Sistemas de Gestión de la Energía (SGE), y dan cuenta de esto, acciones tales como el programa de evaluación industrial PEVI (UPME y Ministerio de minas y energía, 2020), el cual busca: “identificar oportunidades de mejora en el desempeño energético de las industrias colombianas, a través de la intervención de centros especializados instalados en las universidades regionales”, a partir de lo cual se “definirán y aplicarán medidas de eficiencia energética, con un abordaje conceptual y metodológico de Sistema de Gestión de la Energía -SGEn, bajo la NTC ISO 50001.

CONCLUSIONES

La revisión de la bibliografía permitió el análisis de 16 artículos, todos los documentos pertenecen a diferentes autores lo cual demuestra el interés en el tema de investigación. De los documentos analizados 4 corresponden a matrices de evaluación, 10 a modelos de madurez y 2 a pautas de cumplimiento, lo que indica que los modelos de madurez predominan. Se observa, además, que los modelos de evaluación de la gestión energética toman componentes de la norma ISO 50001, y el ciclo de mejora continua PHVA.

Cada una de las metodologías estudiadas presentaba de forma individual vacíos que no permitían conocer en su totalidad las particularidades de las organizaciones en lo referente a la madurez en la gestión eficiente de la energía, por ello al extraer de cada una sus componentes, y realizar el método de comparación constante de análisis cualitativo, se obtuvo 5 dimensiones y 17 criterios de evaluación los cuales pueden ser usados como base para construir nuevas herramientas de medición que incluyan análisis más profundos, también la estratificación de factores que incidan en mayor medida en la gestión eficiente de la energía, y que promuevan la gestión de riesgos y oportunidades sobre la base de las tendencias en la demanda de energía.

También destaca el hecho de que algunas metodologías no consideren la medición de la inversión para la gestión eficiente de energía, lo cual representa una oportunidad para trabajar en nuevos modelos de medición que incluyan análisis del retorno a la inversión, proyecciones, y en general toma de decisiones basadas en la evidencia financiera.

Por otra parte, es pertinente mencionar que la gestión eficiente de la energía se inhibe a través de barreras, que pueden ser de tipo organizacional, comportamental, económicas entre otras y en la literatura disponible no se evidencian trabajos que incluyan la evaluación de la gestión eficiente de la energía en complemento con un análisis de barreras, lo cual podría conducir a la reformulación de los criterios de evaluación actuales.

Y por último pero no menos importante, a partir de la visión de la gestión eficiente de la energía desde Colombia, se puede concluir que existe oportunidad de mejora para la creación o adopción de metodologías de evaluación que permitan caracterizar el interior de las organizaciones y establecer acciones basadas en la evidencia y en la naturaleza de los procesos de estos centros de trabajo de tal forma que puedan lograr la eficiencia energética y la contribución como país hacia la consecución de los objetivos de desarrollo sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antunes, P., Carreira, P., & Mira da Silva, M. (2014). Towards an energy management maturity model. *Energy Policy*, 73, 803-814.
- Benedetti, M., Bonfà, F., Bertini, I., Introna, V., Salvatori, S., Ubertini, S., & Paradiso, R. (2019). Maturity-based approach for the improvement of energy efficiency in industrial compressed air production and use systems. *Energy*, 186, 115879.
- Carbon Trust. (2015). *Energy management self-assessment tool* | *The Carbon Trust*. <https://www.carbontrust.com/resources/energy-management-self-assessment-tool>
- Colombia. Ministerio de Minas y Energía. (2021). Plan de acción indicativo- programa de uso racional y eficiente de la energía. UPME. https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PROURE/Documento_Consulta_PAI_PROURE_IJ.pdf
- Colombia. Ministerio de Minas y Energía. (2020). Guía para la implementación de centros PEVI. UPME. https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Guia_PEVI.pdf
- Congreso de la República de Colombia. (2001). Ley Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones. Ley 697 de 2001. http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0697_2001.html
- Energy Star. (2016). Guidelines for Energy Management. https://www.energystar.gov/sites/default/files/buildings/tools/Guidelines%20for%20Energy%20Management%206_2013.pdf
- Finnerty, N., Sterling, R., Coakley, D., & Keane, M. M. (2017). An energy management maturity model for multi-site industrial organisations with a global presence. *Journal of Cleaner Production*, 167, 1232-1250.
- Gordi, D., Babi, M., Jovi, N., Šušteršič, V., Konalovi, D., & Jeli, D. (2010). Development of energy management system - Case study of Serbian car manufacturer. *Energy Conversion and Management*, 51 (12), 2783-2790. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.06.014>
- International Energy Agency. (2021). Key world energy statistics. IEA. <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2021>
- International Organization for Standardization. (2011). ISO 50001:2011(es) Sistemas de gestión de la energía — Requisitos con orientación para su uso. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:50001:ed-1:v1:es>
- Introna, V., Cesarotti, V., Benedetti, M., Biagiotti, S., & Rotunno, R. (2014). Energy Management Maturity Model: An organizational tool to foster the continuous reduction of energy consumption in companies. *Journal of Cleaner Production*, 83, 108-117.
- Jin, Y., Long, Y., Jin, S., Yang, Q., Chen, B., Li, Y., & Xu, L. (2021). An energy management maturity model for China: Linking ISO 50001:2018 and domestic practices. *Journal of Cleaner Production*, 290, 125-168.
- Jovanović, B., & Filipović, J. (2016). ISO 50001 standard-based energy management maturity model - Proposal and validation in industry. *Journal of Cleaner Production*, 112 (4), 2744-2755.
- Munguía, N., Vargas-Betancourt, N., Esquer, J., Giannetti, B. F., Liu, G., & Velázquez, L. E. (2018). Driving competitive advantage through energy efficiency in Mexican maquiladoras. *Journal of Cleaner Production*, 172, 3379-3386.
- Ngai, E. W. T., Chau, D. C. K., Poon, J. K. L., & To, C. K. M. (2013). Energy and utility management maturity model for sustainable manufacturing process. *International Journal of Production Economics*, 146 (2), 453-464.

- O'Sullivan, J. (2012). *Energy Management Maturity Model (EM3)*. European council for an energy efficient economy. https://www.eceee.org/library/conference_proceedings/eceee_Summer_Studies/2011/3-energy-use-in-industry-the-road-from-policy-to-action/energy-efficiency-in-industry-a-holistic-and-integrated-strategy-from-policy-to-results/
- Prashar, A. (2017). Energy efficiency maturity (EEM) assessment framework for energy-intensive SMEs: Proposal and evaluation. *Journal of Cleaner Production*, *166*, 1187-1201.
- Sa, A., Thollander, P., & Cagno, E. (2017). Assessing the driving factors for energy management program adoption. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *74*, 538-547.
- Trianni, A., Cagno, E., Bertolotti, M., Thollander, P., & Andersson, E. (2019a). Energy management: A practice-based assessment model. *Applied Energy*, *235*, 1614-1636 .