



Componente formativo

Planificación y evaluación del desempeño del sistema de gestión de la energía

Breve descripción:

La determinación de los indicadores de desempeño energético (SGEn) y las líneas de base energética (LBEn) son fundamentales porque a través de ellos se puede demostrar la mejora continua del desempeño de la organización. En este capítulo se abordan los temas para la determinación de los IDEn y las LBEn, así como su utilidad para el cálculo del desempeño energético.

Área ocupacional:

Procesamiento, fabricación y ensamble

Junio 2023

Tabla de contenido

Introducción.....	3
1. Identificación de los Indicadores de Desempeño Energético (IDEn)	3
1.1 Resultados de la revisión energética	4
1.2 Alcance del SGEN y límites para los IDEn	10
1.3 Cuantificación de flujos de energía	12
1.4 Variables relevantes y factores estáticos.....	13
1.5 Recopilación de datos.....	23
1.6 Establecimiento de los IDEn	26
2. Determinación de las Líneas de Base Energéticas (LBEn)	33
3. Utilización de los IDEn y las LBEn para la gestión de la energía.....	41
3.1 Seguimiento de planes, objetivos y metas energéticas	46
3.2 Mantenimiento y ajuste de los IDEn y las LBEn	48
4. Reporte del desempeño energético y del SGEN	48
Síntesis	57
Material complementario	58
Glosario.....	59
Referencias bibliográficas	60
Créditos.....	61

Introducción

Para los sistemas de gestión de la energía, la determinación de los indicadores de desempeño energético (SGEn) y las líneas de base energética (LBEn) son fundamentales porque a través de ellos se caracteriza de una forma cuantitativa el desempeño energético y adicionalmente se puede demostrar la mejora continua del desempeño de la organización. En este capítulo se abordan los temas para la identificación, seguimiento, manejo de los IDEn y las LBEn, así como su utilidad para el cálculo del desempeño energético. Adicionalmente se muestran algunos tipos de reportes usados en los sistemas de gestión de la energía para comunicar el desempeño energético y otros alcances del SGEn.

Video 1. Introducción



[Enlace de reproducción del video](#)

Síntesis del video: Colocar aquí el nombre del video del canal
Resumen

1. Identificación de los Indicadores de Desempeño Energético (IDEn)

Los indicadores de desempeño energético (IDEn) son variables determinadas por la organización que se utilizan para cuantificar y determinar el desempeño energético dentro del

sistema de gestión de la energía. Los IDEn se deben establecer con base a los resultados obtenidos en la revisión energética, y por lo general se asocian para cada USE. Para la determinación de los IDEn es necesario tener en cuenta que una vez sean definidos, posteriormente se deben comparar sus valores con respecto a una línea de base energética (identificada en la siguiente etapa) con el fin de evaluar si las acciones de mejora del desempeño implementadas por el sistema de gestión de la energía han sido efectivas. Por lo tanto, es de vital importancia que en el momento de definir cada IDEn se cuente con registros de información histórica para poder calcular la línea de base; de lo contrario, el IDEn creado por la organización no tendrá punto de comparación.

A continuación, se muestra la información más relevante que se debe tener en cuenta para definir los IDEn:

1.1 Resultados de la revisión energética

De acuerdo con la Guía Técnica Colombiana GTC-ISO 50006:2017 la información que brinda como resultado del proceso de revisión energética y que se utiliza para la identificación de los indicadores de desempeño energético y las líneas de base energética se resumen en la siguiente tabla:

Actividades del proceso de Revisión Energética		Salidas o resultados típicos
Análisis de uso y consumo de la energía con base en mediciones y	Identificación de los recursos o fuentes de energía que utiliza la organización.	<ul style="list-style-type: none"> Listado de fuentes energéticas. <p>Matriz de consumos energéticos</p>

otra información de la organización.		<p>con información de las fuentes de energía con mayor utilización, y mayor costo.</p>
Identificación de las áreas, equipos, o procesos donde se consume mayor cantidad de energía (usos significativos de la energía).	<p>Evaluación del uso y el consumo de cada uno de los energéticos, y de los usos de la energía en el tiempo presente y en los meses y años pasados.</p> <p>Identificación de las instalaciones, procesos, sistemas, edificios, equipos que inciden en el uso y consumo significativo de la energía en la organización.</p> <p>Identificación del personal que trabaja para la organización o en nombre de la organización, y que inciden en la operación y mantenimiento de los usos de la energía.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gráficos de tendencia de consumos para las diferentes fuentes energéticas. • Gráficos de tendencia de consumos para el consumo total de la organización. • Listado de instalaciones, equipos, procesos y sistemas de la organización. • Listado de las personas que inciden en la operación y mantenimiento de los usos de la

		<p>energía identificados.</p> <ul style="list-style-type: none">• Valores de consumo energético para cada uno de los usos de la energía de la organización.• Identificación de los usos significativos de la energía (USE) en la organización.• Diagramas de flujo y de proceso para los usos significativos de la energía.• Gráficos de tendencia de consumos para cada uno de los usos significativos de
--	--	---

		la energía identificados.
	Identificación de las variables que afectan el comportamiento de los usos significativos de la energía (USE).	<ul style="list-style-type: none"> Identificación de las variables relevantes y otros factores que afectan el comportamiento energético de la organización.
	Caracterización del desempeño energético real de los equipos, edificios, instalaciones, sistemas y procesos que tienen relación con los USE identificados.	<ul style="list-style-type: none"> Elaboración de un listado con la priorización de las actividades que se encuentran alineadas con los objetivos estratégicos de la organización. Establecer los límites de los indicadores de desempeño energético (IDEn). Identificar los IDEn para cada

		<p>uno de los límites determinados.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calcular y establecer las líneas de base energética (LBEn) para cada uno de los IDEn.
	Estimación del uso y el consumo energético futuros.	<ul style="list-style-type: none"> • Estimación de los valores de energía utilizando la herramienta gráfica de tendencia. • Estimación de los valores de energía utilizando modelos estadísticos si aplica.
Identificación, priorización y registro de las oportunidades	Identificación, priorización y registro de las oportunidades de mejora del desempeño energético de la organización.	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración del listado de oportunidades de mejora (OM) del

de mejora del desempeño energético de la organización.		<p>desempeño energético de la organización.</p> <ul style="list-style-type: none">• Para cada una de las OM, determinar la forma en que se pueden usar los IDEn para verificar la eficacia de la OM.• Establecer en el listado el valor meta para cada IDEn u oportunidad de mejora.• Listado del presupuesto económico para la implementación de cada OM.• Ordenar o priorizar las OM de acuerdo con
---	--	--

		<p>el retorno de inversión.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realizar el plan de implementación y verificación de las OM.
--	--	--

1.2 Alcance del SGE y límites para los IDEn

Para la definición de los límites para los IDEn se debe tener en cuenta inicialmente el alcance del SGE definido durante la etapa de planificación. Por ejemplo, si en una organización se define que el alcance del SGE es el consumo de electricidad para la sede principal, se deben centrar los esfuerzos en determinar los IDEn que permitan cuantificar y validar el desempeño energético sólo bajo este alcance. Una vez se tenga claro el alcance para los IDEn, se debe establecer los límites dentro del alcance para cada uno de los IDEn a desarrollar.

La Guía Técnica Colombiana GTC-ISO 50006:2017 establece tres niveles para la determinación de los límites de los IDEn:

Nivel para el límite de los IDEn	Ejemplo	Descripción
<ul style="list-style-type: none"> • Instalación individual. 	Motor de 300 HP para proceso.	El límite del IDEn se determina para un perímetro físico de una instalación, equipo

<ul style="list-style-type: none"> • Equipo. • Procesos. 	<p>Compresores de la sala No.1 (rack de compresores) para refrigeración.</p> <p>Equipos de producción de vapor (caldera No.1, caldera No. 2, etc.).</p>	<p>o proceso que se requiere controlar e implementar mejoras.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas. 	<p>Sistema de aire acondicionado centralizado del edificio. (Incluye todos los equipos de compresión, condensación, unidades manejadoras, automatización, etc.)</p>	<p>El límite del IDEn se determina para un perímetro físico de un grupo de instalaciones, equipos o procesos que interactúan mutuamente y en donde se requiere controlar e implementar mejoras.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Organizacional. 	<ul style="list-style-type: none"> • Consumo de electricidad del total del edificio. • Consumo total de gas natural de la empresa. • Consumo total de gas natural para el proceso de generación y distribución de vapor en la empresa. 	<p>El límite del IDEn se determina para un perímetro físico de diferentes grupos o subgrupos de instalaciones, equipos o procesos que interactúan mutuamente y en donde se requiere controlar e implementar mejoras.</p>

En general, para la determinación de los límites se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

El alcance y los límites del sistema de gestión de la energía.

El uso o los usos significativos de la energía (USE) que la organización defina para controlar y mejorar el desempeño.

Los equipos, procesos (y subprocesos), edificios, donde la organización ha identificado que se puede realizar la gestión de la energía.

1.3 Cuantificación de flujos de energía

Los flujos de energía por lo general se relacionan con diagramas de bloques (o cajas) interconectados entre sí de tal manera que se representa de forma visual y gráfica el flujo y el recorrido de la energía de entrada y los procesos donde se consume o transforma, incluyendo los productos resultantes para dicho proceso.

Adicionalmente, en este tipo de diagramas pueden incluir los equipos o instrumentos de medición y registro de las variables que influyen en el desempeño energético. Los recursos visuales más utilizados para la representación de los flujos de energía son los diagramas de bloques (o de vallas) y los mapas energéticos.

Durante esta etapa para la identificación de los IDEn, una vez se hayan definidos los límites, se debe conocer los flujos de energía dentro de dicho límite. Es decir, se debe aislar de forma gráfica el equipo, proceso, instalación o sistema y analizar los flujos de energía que inciden en el desempeño energético y se debe identificar la información disponible y los recursos de medición y registro que pueden ser utilizados para hacer seguimiento a los IDEn.

También, a través de esta actividad se pueden registrar las necesidades de medición para una futura compra de equipos u otro tipo de recursos que se requieran para hacer la gestión de la energía.

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de flujo de energía para el sistema de refrigeración de lácteos y carnes frías para un supermercado de tamaño mediano, en donde se ha definido que el alcance del sistema de gestión de la energía es la energía eléctrica consumida, y de acuerdo a los resultados de la revisión energética el sistema completo de refrigeración para lácteos y carnes frías es uno de los usos significativos de la energía. Para este caso la organización tiene planeado la determinación de un indicador de desempeño energético que permita monitorear, controlar y gestionar este USE, con lo cual el nivel para el límite de los IDEn corresponde al sistema. Las flechas azules corresponden al flujo de electricidad y las flechas de color verde corresponden al flujo del proceso de refrigeración. También se aprecia que la salida del sistema es obtener una temperatura constante de 3°C durante las 24 horas del día con el fin de que el producto se conserve, y que la organización cuenta con dos medidores de electricidad que facilita y se deben tener en cuenta para la recopilación de datos para el cálculo del IDEn.

1.4 Variables relevantes y factores estáticos

De acuerdo con las definiciones de la norma ISO 50001, una variable relevante es un factor que se puede cuantificar y que impacta de forma considerable el desempeño energético de un equipo, sistema, o proceso. Adicionalmente, una variable relevante como su nombre lo dice, cambia su valor de manera rutinaria.

De forma similar, un factor estático, es un factor que impacta de forma considerable el desempeño energético de un equipo, sistema, o proceso, pero su diferencia principal es que su valor se mantiene constante o no cambia de manera rutinaria. A continuación, se muestran las características de cada uno de ellos:

a. Variables relevantes.

Para la determinación de las variables relevantes se utilizan inicialmente los resultados de la revisión energética. Posterior a la identificación de los usos significativos de la energía (USE) y la determinación de los límites para los indicadores de desempeño energético (IDEn) de la organización, esta debe definir y cuantificar las variables relevantes en cada uno de los límites de los IDEn. El proceso para la definición de las variables relevantes, inicia con la identificación de todas las variables que podrían afectar el desempeño energético dentro del límite del IDEn definido.

En este proceso de identificación se van a encontrar muchas variables que pueden o no afectar el desempeño energético. Las fuentes de información para la identificación inicial de las variables que afectan el desempeño son (entre otras):

- Resultados de la revisión energética o auditorías energéticas.
- Manuales de operación de equipos.
- Instructivos y manuales de operación y mantenimiento de equipos o procesos.
- Recomendaciones de los fabricantes de equipos.
- Entrevistas con operadores, supervisores y coordinadores de procesos y mantenimiento de equipos.

De acuerdo con Red Colombiana de Conocimiento en Eficiencia Energética - RECIEE (2019), generalmente se pueden encontrar las siguientes variables relevantes en el sector industrial:

Nivel de producción (por ejemplo número de piezas, toneladas de producto, etc.).

Nivel de ocupación (por ejemplo cantidad de personas en un edificio de oficinas, centro comercial, supermercado, etc.).

Condiciones operacionales de procesos o equipos (por ejemplo temperatura, presión, velocidad, revoluciones por minuto, relación aire/combustible, cantidad de paradas, regímenes de operación, cantidad de purgas al día, planeación de la producción, nivel de desperdicio, mermas, etc.).

Condiciones climáticas (temperatura ambiente, humedad relativa, nivel de polución, grados día de temperatura, etc.).

Condiciones de mantenimiento (frecuencia o periodo de limpieza, cantidad de ajustes, número de mantenimientos preventivos, etc.).

La norma ISO 50001 sugiere el siguiente método para la identificación y cuantificación de las variables relevantes:

Primer Paso:

Observar gráficamente la relación entre el consumo de energía del total de la organización, de los USE (equipos, sistemas, procesos, edificios, etc.) teniendo en cuenta los límites definidos, y las variables potenciales que se considere podrían afectar el comportamiento energético. Lo anterior se puede lograr mediante el uso de gráficas de tendencias, en donde se grafique la tendencia del consumo de energía y a su vez se grafique la tendencia del comportamiento a través del tiempo de la variable potencial. Lo anterior permitirá identificar de forma rápida si existe en primera instancia una relación que se puede analizar con más detalle posteriormente.

Ejemplo:

En una planta de beneficio de aves en la cual se realizó una auditoría energética que concluye que uno de los consumos significativos es la energía eléctrica con un aporte del 80% del total del consumo energético de la planta. En vista de lo anterior y ante los

resultados presentados a la gerencia de la compañía por parte del tecnólogo en gestión eficiente de la energía, la alta dirección solicita que la definición de un indicador de desempeño energético (IDEn) para el consumo de electricidad total de la planta que tenga el alcance de nivel organizacional (es decir que el alcance es el total de la planta). De acuerdo a la revisión documental de los resultados de la revisión energética, se plantea inicialmente evaluar si la variable llamada kilos totales de producción influye en el comportamiento energético del consumo de electricidad del total de la planta, tomando como base la siguiente información:

Año	Energía Total Planta [kWh]	Kilos Totales de Producción
ene-21	1.377.634	3.887.774
feb-21	1.425.958	3.805.694
mar-21	1.424.816	3.992.733
abr-21	1.586.562	4.488.033
may-21	1.537.503	4.350.180
jun-21	1.538.755	4.118.342
jul-21	1.568.499	4.344.984
ago-21	1.543.502	4.126.265

De acuerdo con la información anterior, se procede a realizar una gráfica de tendencia que permita ver el comportamiento de la energía total consumida (kWh) y los kilos totales de producción. La gráfica debe tener un eje principal que para este caso se definió como el consumo de energía total y un eje secundario para los kilos totales producidos. En el eje X se

gráfica los meses asociados a cada valor de la tabla. Utilizando cualquier software u hoja de cálculo se puede obtener la siguiente gráfica:

Nombrada “Tendencia de energía total planta VS kilos totales producto”, donde el consumo de kilovatios es comparado con los kilos totales de producción son:

Periodo: Ene de 2021

Energía total planta (kWh): 1.377.634

Kilos totales de producción: 3.887.774

Periodo: Feb de 2021

Energía total planta (kWh): 1.425.958

Kilos totales de producción: 3.805.694

Periodo: Mar de 2021

Energía total planta (kWh): 1.424.816

Kilos totales de producción: 3.992.733

Periodo: Abr de 2021

Energía total planta (kWh): 1.586.562

Kilos totales de producción: 4.488.033

Periodo: May de 2021

Energía total planta (kWh): 1.537,503

Kilos totales de producción: 4.350.180

Periodo: Jun de 2021

Energía total planta (kWh): 1.538.755

Kilos totales de producción: 4.118.342

Periodo: Jul de 2021

Energía total planta (kWh): 1.568.499

Kilos totales de producción: 4.344.984

Periodo: Ago de 2021

Energía total planta (kWh): 1.543.502

Kilos totales de producción: 4.126.265

Del gráfico anterior se puede observar que la tendencia de cada una de las figuras, se parecen entre sí. Es decir, en varios períodos cuando los kilos totales de producción aumentan, se presenta un aumento del consumo total de electricidad. Así mismo se observa que en algunos meses cuando los kilos totales de producción disminuyen, se presenta una disminución del consumo total de electricidad. De acuerdo con lo anterior, la variable kilos totales de producción es candidata a convertirse en variable relevante, sin embargo, se debe analizar con mayor detalle en los siguientes pasos. Cabe resaltar que también puede existir el caso donde si la variable aumenta de valor, el consumo de energía disminuye de valor y

viceversa. Si se presenta esta situación, también se debe tener en cuenta como potencial variable relevante.

Segundo Paso:

Una vez sean identificadas las variables potenciales que pueden convertirse en variables relevantes, se sugiere determinar cuantitativamente el grado de correlación que tiene cada una de ellas con el consumo de energía dependiendo de los límites que se pretenden analizar, para posteriormente definir los IDE. El objetivo principal es confirmar si efectivamente dicha variable identificada se puede considerar como una variable relevante. La herramienta más utilizada para realizar este análisis es la elaboración de un diagrama X-Y simple o también llamados gráficos de dispersión (llamados así en las hojas de cálculo) en donde los valores del eje Y se pueden graficar los consumos de energía y para los valores del eje X se pueden graficar los kilos totales de producción. Así mismo esta herramienta permite la elaboración de una gráfica lineal que permite observar si los puntos están relacionados y teniendo en cuenta el valor del coeficiente de determinación “R2” se puede determinar el grado de relación entre los puntos y que tan lineal es el comportamiento. Mientras más cercano a 1 sea el valor del coeficiente de correlación, más significativa va a ser la variable en análisis.

A continuación, se muestra la gráfica resultante de acuerdo con los datos analizados en el primer paso:

Donde el consumo de Energía total planta (kWh): 1.599.000 sobre 4.500.000 Kilos totales de producción, es igual a, R2 es igual a 0,784.

De la gráfica anterior se puede observar que el valor del coeficiente de determinación para el ejemplo es de 0,7884 con lo cual se puede afirmar que es una variable significativa en un grado medio, por lo tanto, se podría tomar los kilos totales de producción como una variable relevante. Cabe recordar que mientras más cercano a uno (1) sea el valor del coeficiente de determinación R2, la variable se vuelve relevante en un grado mayor, y

mientras el valor del coeficiente de determinación R^2 se acerca más a cero (0) la variable se convierte en irrelevante para el desempeño energético.

La importancia de la identificación de las variables relevantes es que por medio de ellas podremos construir varios de los indicadores de desempeño energético (IDEn) y adicionalmente dan una pauta para determinar de primera mano las variables a las que debo realizar controles operacionales para el sistema de gestión de la energía, debido a su influencia en el desempeño energético.

Factores estáticos

Los factores estáticos son aquellos factores que impactan significativamente en el desempeño energético y no cambian su valor de forma rutinaria. Para la identificación de estos factores se puede utilizar el paso 1 de la metodología para la identificación de variables relevantes. Es importante identificar en la gráfica que en la mayoría del tiempo el valor de factor estático no cambie significativamente, pero en el periodo en que se presente una variación significativa, esta se refleje en el consumo de energía.

Algunos ejemplos de factor estático son:

- Valor del área o superficie de un edificio.
- Cantidad de luminarias instaladas.
- Consumo de energía de una carga significativa que permanezca siempre encendida con un valor constante.
- Cantidad de motores eléctricos instalados.
- Cantidad de calderas instaladas.

Otros ejemplos de factor estático son:

- Longitud de tubería de distribución de vapor.
- Cantidad de productos de una línea de producción que fabrica la empresa de forma constante.
- Potencia instalada de equipos consumidores de energía.
- Nivel de ocupación constante en edificios.

A manera de ejemplo

En un banco que funciona en varios edificios se obtuvo como resultado de una auditoría energética que debido al consumo de electricidad en la iluminación del edificio No. 1 se considera como uso significativo de la energía. La empresa ha determinado que el límite para el control de este USE es de nivel Sistema, y adicionalmente considera que se puede evaluar la influencia del área iluminada en el consumo de energía. De acuerdo con lo anterior, se procede a realizar el primer paso para determinar la relación entre el consumo dentro del límite definido y la superficie iluminada del edificio en metros cuadrados, obteniendo los siguientes resultados:

Año: ene de 2021

Consumo iluminación edificio No.1: 85.903

Metros cuadrados iluminados edificio No.1: 18.000

Año: feb de 2021

Consumo iluminación edificio No.1: 85.086

Metros cuadrados iluminados edificio No.1: 18.000

Año: mar de 2021

Consumo iluminación edificio No.1: 87.638

Metros cuadrados iluminados edificio No.1: 18.000

Año: abr de 2021

Consumo iluminación edificio No.1: 86.762

Metros cuadrados iluminados edificio No.1: 18.000

Año: may de 2021

Consumo iluminación edificio No.1: 87.638

Metros cuadrados iluminados edificio No.1: 18.000

Año: jun de 2021

Consumo iluminación edificio No.1: 98.000

Metros cuadrados iluminados edificio No.1: 18.000

Año: jul de 2021

Consumo iluminación edificio No.1: 106.972

Metros cuadrados iluminados edificio No.1: 18.000

Año: ago de 2021

Consumo iluminación edificio No.1: 107.507

Metros cuadrados iluminados edificio No.1:18.000

Año: sep de 2021

Consumo iluminación edificio No.1: 106.432

Metros cuadrados iluminados edificio No.1:18.000

Año: oct de 2021

Consumo iluminación edificio No.1: 105.249

Metros cuadrados iluminados edificio No.1: 18.000

Año: nov de 2021

Consumo iluminación edificio No.1: 107.079

Metros cuadrados iluminados edificio No.1: 18.000

Año: dic de 2021

Consumo iluminación edificio No.1: 90.632

Metros cuadrados iluminados edificio No.1: 18.000

En la gráfica de tendencias

Se puede observar que los metros cuadrados iluminados normalmente no cambian su valor ya que para este caso la superficie es constante. Sin embargo, en el mes de junio se observa que se aumentó la superficie iluminada probablemente por una remodelación, lo cual tuvo como consecuencia el aumento considerable del consumo en la iluminación del edificio No. 1. Como la superficie iluminada no cambia de valor mes a mes, y las remodelaciones no son constantes, se puede considerar que la superficie iluminada del edificio 1 es un factor estático.

En el gráfico “Tendencia iluminación edificio 1 y superficie edificio 1” donde el consumo de iluminación edificio No.1 inicia en el mes de enero de 2021 en 92.000 manteniéndose estable hasta el mes de junio de 2021 correspondiente a 14.000 metros cuadrados de iluminación, y a partir del mes de julio incrementa a 116.000 correspondiente a 24.000 metros cuadrados de iluminación.

1.5 Recopilación de datos

Para cada indicador de desempeño energético (IDEn) y línea de base energética (LBEn) a implementar, la organización debe determinar cuáles son los datos que se requieren recolectar y cuáles son las capacidades actuales (medidores, registros y demás

que se encuentran en la actualidad) para poder construir el IDEn y poder hacer medición y registro del mismo.

Necesidades de medida y registro

- Este mismo ejercicio servirá para identificar las necesidades de medida y registro que necesita la empresa ya sea porque no existen equipos de medición, o porque los equipos de medición existentes no poseen la tecnología de comunicaciones que permite de forma automática la recolección de la información.

Autonomía de definir

- La organización tiene la autonomía de definir cómo se realizará la recopilación de los datos y si compra medidores o implementa redes de comunicación en una posterior etapa y definirlo como una de las metas dentro del sistema de gestión de la energía. También se debe tener en cuenta dentro de la recopilación de datos, la determinación de la forma en que se va a recolectar la información de las variables relevantes y factores estáticos definidos por la organización.

Planificación para la recopilación de datos

- Cabe mencionar que la recopilación de datos hace parte de la planificación para la recopilación de datos de la energía como requisito de la norma ISO 50001 explicado en el numeral 1.6. Recopilación de datos de la energía del Componente Formativo Planificación y Mejora Continua del SGEEn, por lo tanto, para cada uno de los datos identificados por la organización que deben ser recolectados, deben especificar lo siguiente.

Datos específicos

- Nombre y descripción del dato a recolectar.

- Fuente de información o lugar donde se recolecta la información.
- Frecuencia de recolección (diaria, semanal, mensual).
- Lugar donde se guardará la información registrada (base de datos, archivo en intranet, etc.).
- Responsable de la recolección y registro.
- ¿Para qué se va a usar el dato recolectado?

Retos de las organizaciones frente a la recopilación de datos

- Las empresas y organizaciones generalmente se enfrentan a los siguientes escenarios donde se definen una serie de retos que normalmente se convierten en oportunidades:

Falta de datos en tiempo real por parte de las empresas comercializadoras de energía.

Empresas pequeñas

- En las empresas pequeñas normalmente el consumo de la energía se registra a través de la factura de energía que llega posterior al mes de consumo registrado. Frente a esta problemática, se puede consultar con los comercializadores de energía la posibilidad de instalar un medidor con comunicaciones o también que la propia organización adquiera un medidor y lo instale en la frontera donde se presta el servicio cumpliendo con la normativa.

Falta de datos para las variables relevantes

- Falta de datos para las variables relevantes: se sugiere evaluar la adquisición de sensores que permitan medir y registrar los datos, en lugar de depender de mediciones temporales con equipos portátiles durante la auditoría energética.

La falta de datos de consumo energético interno puede resolverse mediante la adquisición e instalación de submedidores para subdividir el consumo por áreas y equipos dentro de la organización. Esto permite obtener información más precisa y relevante sobre los usos significativos de la energía.

La calidad de los datos

- La calidad de los datos es crucial para tomar decisiones acertadas. Para garantizar precisión, las organizaciones deben implementar planes de mantenimiento, calibración y verificación de equipos de medida. Se puede ahorrar costos calibrando un equipo como referencia para verificar otros equipos similares internamente.

1.6 Establecimiento de los IDEn

Para el establecimiento de los IDEn se debe revisar la siguiente información:

- Resultados de la revisión energética.
- Caracterización de los usos y consumo de la energía.
- Identificación y caracterización de los usos significativos de la energía (USE).
- Objetivos y metas energéticas.
- Acciones de mejora para el desempeño energético.

Los IDEn se debe establecer de tal forma que sus valores permitan:

La definición de metas para el desempeño energético de los equipos, procesos, sistemas, edificios y demás definidos por la organización dentro del alcance del sistema de gestión de la energía.

Ser comparados periódicamente de tal forma que la organización pueda evidenciar los cambios en el desempeño energético y el cumplimiento de las metas propuestas.

Los IDEn se debe establecer de tal forma que sus valores permitan:

La definición de metas para el desempeño energético de los equipos, procesos, sistemas, edificios y demás definidos por la organización dentro del alcance del sistema de gestión de la energía.

Ser comparados periódicamente de tal forma que la organización pueda evidenciar los cambios en el desempeño energético y el cumplimiento de las metas propuestas.

A continuación se describen algunos conceptos que se deben tener en cuenta a la hora de establecer los IDEN:

- Determinación de los usuarios de los indicadores de desempeño energético (IDEn):

En las organizaciones existen varios niveles como por ejemplo gerencial, administrativo, operacional, mantenimiento, etc, por lo tanto se debe realizar la identificación del personal que va a utilizar los resultados de los IDEn con el fin de determinar sus necesidades y asegurar que la información que brinda cada IDEn sea entendible por el usuario.

Por ejemplo, probablemente a la alta dirección le interese establecer un IDEn que permita relacionar el consumo total de la planta o empresa con la producción como medida del nivel de competitividad, pero poco le puede interesar un IDEn que relacione el consumo de energía de un motor con respecto al número de paradas no programadas de planta. Este último IDEn a pesar de no ser de interés para la alta dirección, es de vital importancia para el área de mantenimiento de la empresa.

Alta dirección: generalmente los IDEn de interés para este tipo de usuarios son los que involucren el desempeño de toda la organización en términos de competitividad y disminución de costos totales, más no de sectores específicos.

Gerentes de planta o área específica: generalmente los IDEn de interés para este tipo de usuarios son los mismos de la alta dirección, sumado a los que involucren el desempeño energético de los usos significativos de la energía, los niveles de producción y mantenimiento.

Personal de mantenimiento y operaciones: los IDEn de interés para este tipo de usuarios son los relacionados sólo al área específica que tienen a su cargo.

Características específicas de los indicadores de desempeño energético (IDEn)

La norma ISO 50001 establece los siguientes tipos de IDEn y los casos en donde se debería usar cada uno de la siguiente manera:

Tipo de indicador de desempeño energético	Utilidad	Ejemplo	Notas acerca del tipo de indicador
Medida del valor energético.	<ul style="list-style-type: none"> Medida de la reducción en el consumo de la energía. 	<ul style="list-style-type: none"> Consumo de energía mensual en caldera No. 1. [kWh/mes]. 	<ul style="list-style-type: none"> No permite identificar la eficiencia energética.

	<ul style="list-style-type: none"> • Medida de reducción de costos energéticos. • Se puede utilizar en edificios de oficinas, centros comerciales y grandes superficies donde la temperatura exterior no varíe significativamente, o se requiera comparar con valores de consumo con periodos anteriores con las mismas condiciones climáticas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Consumo de electricidad mensual total de la planta. [kWh/mes]. • Consumo de biomasa por mes [ton/mes]. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se pueden presentar errores en la interpretación al no tener en cuenta la influencia de las variables relevantes y los factores estáticos.
Cociente de valores medidos.	<ul style="list-style-type: none"> • Medición de la eficiencia energética de equipos, sistemas o procesos que se relacionan con una única variable relevante. • Comparación entre varias instalaciones. Por ejemplo, cuando una organización tiene varias oficinas 	<ul style="list-style-type: none"> • kWh / tonelada de producto. • Gigajulios / unidad de producto. • Consumo de iluminación kWh / metro cuadrado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Puede presentar errores de interpretación cuando una empresa produce gran variedad de productos de diferentes características. • Se requiere que la variable

	<p>en una misma ciudad o en diferentes ciudades donde se requiera comparar el desempeño.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cumplimiento de requisitos legales. • Es el más utilizado a nivel industrial y comercial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia de una caldera. [%] • Consumo de energía / ocupación. • Consumo de energía / nivel de carga. • Galones de combustible / kilómetro recorrido. • Consumo kWh / unidades vendidas. • kWh / número de producto. • Cantidad de energía en refrigeración / cantidad de producto almacenado. 	<p>relevante tenga una correlación alta con el consumo de energía.</p>
--	---	--	--

<p>Modelo estadístico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas, equipos o procesos con más de una variable relevante. • Elaboración de modelos para predicción de consumos futuros. 	<p>Por lo general se utiliza el modelo de regresión lineal con múltiples variables:</p> $E = m_1 * V_1 + m_2 * V_2 + \dots + m_n * V_n + E_o$ <p>donde</p> <p>E = consumo de energía</p> <p>m_n = constantes del modelo</p> <p>E_o = constante</p> <p>V_n = variable significativa</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El cálculo tiene mayor grado de complejidad que los tipos de IDEn anteriores. • Se requiere que las variables relevantes tengan una correlación alta con el consumo de energía.
-----------------------------------	--	---	--

Tabla 1. Matriz DOFA de ejemplo para un SGE

DEBILIDADES	AMENAZAS	FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> - Nivel bajo de conciencia energética en los empleados. - Costo elevado del mantenimiento de equipos. - Alto consumo de electricidad en los procesos. - Aumento sostenido del consumo de electricidad. - Requerimientos de alta inversión en equipos eficientes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Variabilidad en el mercado. - Inestabilidad en la producción. - Mala programación de la producción. - Toma de decisiones repentinas asociadas a la producción. - Incumplimiento de estándares de procesos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estructura robusta y fuerte de la organización. - Altos niveles de producción. - Procesos documentados y definidos. - Directores con competencias y habilidades hacia la gestión de la energía. 	<ul style="list-style-type: none"> - Producto muy asentado en el mercado. - Mejora de costes con tecnología más eficiente. - Apuesta del gobierno hacia la eficiencia energética. - Amplio mercado en productos de alta eficiencia. Grandes proyectos de mejora.

Tabla de elaboración propia. Contenido tomado de Red Colombiana de Conocimiento en Eficiencia Energética - RECIEE (2019). p. 112.

Año: oct de 2021

Consumo iluminación edificio No.1: 105.249

Metros cuadrados iluminados edificio No.1: 18.000

Año: oct de 2021

Consumo iluminación edificio No.1: 105.249

Metros cuadrados iluminados edificio No.1: 18.000

Como resultado del análisis de los riesgos y oportunidades, se debe determinar planes de acción que permitirán abordarlos. Así mismo, la organización debe evaluar la eficacia de estas acciones.

2. Determinación de las Líneas de Base Energéticas (LBEn)

Una vez se han definido los indicadores de desempeño energético (IDEn) requeridos por la organización, se debe construir una línea de base energética para cada uno de ellos teniendo en cuenta un periodo de tiempo base adecuado.

En otras palabras

Las líneas de base energéticas corresponden a los valores pasados de los IDEn que se utilizan para comparar el desempeño energético actual de la organización. Los valores de las LBEn determinan el estado del desempeño energético antes de realizar acciones de mejora por lo tanto la comparación de los valores actuales de los IDEn con la LBEn permite verificar la efectividad y la mejora continua del sistema de gestión de la energía. A continuación se muestran los pasos para el cálculo de las LBEn de acuerdo con la norma ISO 50001:

a. Establecimiento de un periodo base adecuado

Generalmente el periodo de base recomendado y utilizado por la mayoría de organizaciones es de un año de recolección de información. Es decir, si el IDEn que se determinó se va a evaluar de forma mensual, el período de base recomendado para la construcción de la línea de base energética es de 12 meses equivalente a un año.

Sin embargo

Pueden existir casos en donde no se tiene información durante un año debido a que no se tenía medidores, o que por alguna razón hubo una modificación reciente en la infraestructura del edificio o planta de producción que modificó el comportamiento energético de la organización. Para este caso se pueden tomar periodos de base menores a un año. También se puede dar el caso donde la organización decida utilizar un periodo base mayor a un año porque sus condiciones de infraestructura no ha cambiado considerablemente y tienen información suficiente para obtener modelos estadísticos más confiables.

001:

Siguiendo con la idea

Lo que se debe garantizar con el periodo de base seleccionado por la organización es que sea de una duración suficiente que permita el registro de las variaciones de las diferentes variables relevantes establecidas, como por ejemplo variaciones en la temperatura exterior, niveles de producción, nivel de ocupación, etc.

b. Recopilación de la información

Una vez se define el periodo de base, se procede a recopilar la información de los consumos, variables relevantes y factores estáticos determinados por la organización, y que han sido registrados durante el periodo de base seleccionado. Se recomienda seguir las indicaciones del plan de recopilación de información de datos de energía desarrollada en la etapa de planificación.

c. Cálculo de la línea de base energética

Dependiendo del tipo de IDEn identificado, se procede a realizar el cálculo de la línea de base energética para cada uno de ellos, y si se requiere o no de un modelo estadístico.

A continuación, se muestran los dos ejemplos de modelos más comúnmente utilizados:

Ejemplo 1:

En un edificio de oficinas ubicado en una ciudad de Colombia donde no se presentan estaciones climáticas acentuadas, y en el último año no se han realizado modificaciones o cambios tecnológicos en el edificio, la alta dirección de la empresa requiere de un IDEn que permita observar el desempeño energético del total del edificio. El equipo de gestión de la energía decide determinar un IDEn de nivel organizacional y un IDEn de tipo Medida del valor energético, de la siguiente manera:

$$\text{Energía Eléctrica Total (EET)} = \text{Consumo Mensual Electricidad [kWh/mes]}$$

A pesar de que este IDEn no tiene en cuenta la influencia de las variables relevantes, es de gran utilidad para la dirección porque puede hacer de forma rápida sus cálculos de presupuesto anual requerido para el concepto de energía eléctrica. Para la toma de datos de este indicador, se cuenta con un medidor instalado en la frontera eléctrica del edificio que tiene la capacidad de ser consultado vía internet, de tal forma que no es necesario esperar a que la comercializadora envíe la factura de electricidad.

Para la construcción de la línea de base energética, se cuenta con el registro de las facturas de los últimos doce meses con la siguiente información:

Año: ene-21

Consumo Total electricidad Edificio [kWh]: 88.800

Año: feb-21

Consumo Total electricidad Edificio [kWh]: 89.006

Año: mar-21

Consumo Total electricidad Edificio [kWh]: 89.504

Año: abr-21

Consumo Total electricidad Edificio [kWh]: 89.005

Año: may-21

Consumo Total electricidad Edificio [kWh]: 89.904

Año: jun-21

Consumo Total electricidad Edificio [kWh]: 89.205

Año: jul-21

Consumo Total electricidad Edificio [kWh]: 90.004

Año: ago-21

Consumo Total electricidad Edificio [kWh]: 90.083

Año: sep-21

Consumo Total electricidad Edificio [kWh]: 89.055

Año: oct-21

Consumo Total electricidad Edificio [kWh]: 89.995

Año: nov-21

Consumo Total electricidad Edificio [kWh]: 89.409

Año: dic-21

Consumo Total electricidad Edificio [kWh]: 88.929

Promedio 89.409

Donde el consumo total electricidad edificio en (kWh) inicia con 88.900 y oscila entre 89.500 y 90.000. Y el LEBEn par IDEn se mantiene constante en 89.500.

De acuerdo con la tabla y figura anterior, se puede definir como línea de base energética para el IDEn Energía Eléctrica Total (EET) el valor promedio del consumo de los últimos 12 meses correspondiente a 89.409 kWh. Opcionalmente se puede tomar como línea de base el valor de consumo de cada mes, para que en la evaluación del indicador se compare con el mismo mes que se está evaluando.

Ejemplo 2: línea de base energética univariable

Volviendo al ejemplo de una planta de beneficio de aves en la cual se realizó una auditoría energética que concluye que uno de los consumos significativos es la energía eléctrica con un aporte del 80 % del total del consumo energético de la planta. En vista de lo anterior y ante los resultados presentados a la gerencia de la compañía por parte del tecnólogo en gestión eficiente de la energía, la alta dirección solicita que la definición de un indicador de desempeño energético (IDEn) para el consumo de electricidad total de la planta que tenga el alcance de nivel organizacional (es decir que el alcance es el total de la planta).

Durante el proceso de planificación ya se había determinado que los kilos totales de producción es una variable y se había obtenido un grado de correlación alto debido al valor del coeficiente de determinación de acuerdo con los siguientes datos y figuras:

Año: ene-21

Energía Total Planta [kWh]: 1.377.634

Kilos Totales de Producción: 3.887.774

Año: feb-21

Energía Total Planta [kWh]: 1.425.958

Kilos Totales de Producción: 3.805.694

Año: mar-21

Energía Total Planta [kWh]: 1.424.816

Kilos Totales de Producción: 3.992.733

Año: abr-21

Energía Total Planta [kWh]: 1.586.562

Kilos Totales de Producción: 4.488.033

Año: may-21

Energía Total Planta [kWh]: 1.537.503

Kilos Totales de Producción: 4.350.180

Año: jun-21

Energía Total Planta [kWh]: 1.538.755

Kilos Totales de Producción: 4.118.342

Año: jul-21

Energía Total Planta [kWh]: 1.568.499

Kilos Totales de Producción: 4.344.984

Año: ago-21

Energía Total Planta [kWh]: 1.543.502

Kilos Totales de Producción: 4.126.265

Donde R^2 es igual a 0,7884

Debido a lo anterior, el equipo de gestión de la energía decide establecer un IDEn de tipo cociente de valores medidos, con alcance organizacional, denominado como EP_T donde sea posible la creación de un modelo que permita relacionar el consumo de energía total de la planta y la producción total en kilos mensuales.

Para la construcción de la línea de base energética (LBEn) para el IDEn determinado, se debe calcular la ecuación en el mismo gráfico XY donde se graficó la relación entre el consumo de energía y los kilos totales de producción. Esto se puede realizar mediante las mismas herramientas de la hoja de cálculo y se tiene como resultado lo siguiente:

Al graficar la ecuación R^2 es igual a 0,7884, donde y es igual a $0.2896x$ más 301.630.

De acuerdo con los resultados anteriores, se puede obtener el valor de la línea de base energética para el consumo de electricidad del total de la planta de acuerdo con el nivel de producción a partir de la ecuación que resulta del análisis estadístico de la siguiente manera:

$$\text{Energía} = 0,2896 * \text{Kilos totales de Producción [en kg + 301.630 [kWh/mes]]}$$

Con esta ecuación es posible predecir el consumo de energía asociada a la producción para determinado mes. Cabe recordar que esta ecuación se ajusta al modelo debido a que se tiene un coeficiente de determinación R^2 con valor 0,7884 que indica una buena correlación de los datos. Para los casos donde R^2 se encuentra por debajo de 0,6 se

recomienda verificar los datos o se debe buscar otro modelo que pueda representar a la línea de base energética, incluyendo más variables relevantes para los cálculos del modelo.

Aunque los dos métodos mostrados en los ejemplos anteriores son los más utilizados, también se pueden aplicar modelos con un grado de complejidad mayor, pero que resultan muy útiles para la determinación de las líneas de base energéticas.

Documento - Línea de base Energética Univariable

En el siguiente enlace se encuentra la información realizada por Red Colombiana de Conocimiento en Eficiencia Energética - RECIEE (2019) donde se describe el método de ecuación multivariable cuando se requiere crear un modelo con dos o más variables relevantes y el método por producción equivalente.

3. Utilización de los IDEn y las LBEn para la gestión de la energía

El establecimiento de los indicadores de desempeño energético (IDEn) y las líneas de base energética (LBEn) es fundamental para el sistema de gestión de la energía, ya que a través de la comparación entre ellos es posible verificar el desempeño energético de la organización y determinar la efectividad de los planes de acción planteados para el SGEN.

Cálculo del desempeño energético

Para calcular el desempeño energético de la organización, se debe realizar la comparación entre los valores del IDEn durante el periodo actual y el valor de la LBEn determinada. Si como resultado de la comparación se da un resultado que permita evidenciar la reducción del consumo de energía o el aumento de la eficiencia de algún proceso, sistema o equipo, se puede afirmar que se ha mejorado el desempeño energético. De lo contrario, se debe analizar con más detalle el por qué de este valor y si se debe a que han ocurrido

ineficiencias en el uso de la energía o se han producido cambios en las variables relevantes o los factores estáticos.

Generalmente para el cálculo del desempeño energético de la organización se utiliza alguno de los siguientes tres enfoques:

Diferencia: mediante este enfoque se realiza la diferencia entre el valor actual del IDEn menos el valor de la LBE_n, de la siguiente manera:

$$\text{Desempeño}_{\text{diferencia}} \text{ es igual a } \text{IDEn}_{\text{actual}} - \text{LEBEn}_{\text{referencia}}$$

Cambio porcentual: mediante este enfoque se calcula el porcentaje de variación entre el IDEn y la LBE_n de la siguiente manera:

$$\text{Desempeño}_{\text{cambio porcentual}} \text{ es igual a } (\text{IDEn} - \text{LEBEn}) \text{ sobre LEBEn por } 100.$$

Razón actual: mediante este enfoque se calcula el desempeño energético en función de la siguiente relación:

$$\text{Desempeño}_{\text{razón actual}} \text{ es igual a } \text{IDEn sobre LEBEn}$$

A continuación, se muestran los dos ejemplos de modelos más comúnmente utilizados:

Ejemplo:

Para la misma planta de beneficio de aves vista en los anteriores casos de ejemplo, y en donde en el mes de septiembre del 2021 se realizaron varias inversiones en la compra y

puesta en marcha de variadores de velocidad para tres motores eléctricos, se tiene que el valor del consumo de energía total de la planta y los kilos de producto para el mes de octubre de 2021 son los siguientes:

Consumo de energía total de planta [kWh]: :1.450.988,0

Kilos totales de productos [kg]: 4.015.250,0

El IDEn establecido por la compañía se denomina.

EPT es igual a Consumo de energía total de la planta [kWh] sobre Kilos totales de producción [kg]].

Para este caso el valor del IDEn para el mes de Octubre de 2021 es:

EP_{TOTAL} es igual a 1.450.988 sobre 4.015.250 igual a 0,3613 (kWh/Kg)

Ahora se debe determinar el valor de la LBEn con el fin de compararlo con el valor de EPT. Para eso se debe calcular primero la energía que se habría consumido con el mismo nivel de producción del mes de octubre de 2021, antes de la ejecución del proyecto de mejora energética, utilizando la ecuación establecida para la determinación de la LBEn de la siguiente manera:

Energía = 0,2896 * Kilos totales de Producción Octubre de 2021 + 301.630 [kWh/mes]

Energía = 0,2896 * 4.015.250 + 301.630 = 1.464.446,4 [kWh/mes]

Por lo tanto,

$LEBEN_{EPT}$ es igual a 1.464.446,4 sobre 4.015.250 es igual a 0,3647 (kWh/Kg)

Una vez obtenido el valor de la LBE_n, se procede a realizar la diferencia de la siguiente manera:

Desempeño es igual $EPT - LEBE_{nEPT}$ igual a 0,3613 – 0,3647 siendo igual a -0,0034

Para este caso como el valor de EPT es menor que LBE_{nEPT} se puede afirmar que para el mes de Octubre del año 2021, se ha obtenido una mejora en el desempeño energético porque se ha consumido menos energía eléctrica por kilogramo de producto que la proyectada por la LBE_n para esa misma cantidad de producción.

Cambio porcentual:

mediante este enfoque se calcula el porcentaje de variación entre el IDE_n y la LBE_n de la siguiente manera:

Desempeño_{cambio porcentual} es igual IDE_n menos LBE_n sobre LBE_n por 100.

Ejemplo:

Continuando con el caso anterior de la planta de beneficio, con este enfoque el desempeño energético se mide de la siguiente forma:

Desempeño = (0,3613 - 0,3647) sobre 0,3647 *100% es igual a -0,93%

Del valor anterior se puede afirmar que el desempeño en este indicador mejoró un 0,93% al estar por debajo del valor de la LBE_n en ese valor porcentual.

La ventaja de utilizar el enfoque del cambio porcentual es que se puede obtener de forma rápida el porcentaje de reducción o aumento de consumo total de energía para la evaluación del cumplimiento de las metas y objetivos energéticos asociados al IDE_n. Es decir, para el caso del ejemplo, como el valor del desempeño tiene signo negativo se entiende que existe una disminución de consumo y si se desea calcular el ahorro obtenido con respecto a la línea de base energética se puede calcular de la siguiente manera:

Resultado energético es igual a Desempeño [%] * Energía calculada a través de la línea de base energética

Para el caso del ejemplo, se obtiene:

Resultado energético es igual a $(0,93/100) * 1.464446,4$ (kWh) siendo igual e 13.619,35 (kWh/mes).

El anterior resultado indica que, durante el mes de octubre de 2021, se han obtenido ahorros de 13.619,35 kWh al mes, debido a la implementación de la puesta en marcha de los variadores de velocidad.

Razón actual:

mediante este enfoque se calcula el desempeño energético en función de la siguiente relación:

$\text{Desempeño}_{\text{razón actual}} = \text{IDE}_n \text{ sobre LBE}_n$

Para el mismo ejemplo anterior, el desempeño se calcula de la siguiente manera:

Desempeño_{razón actual} = 0,3613 sobre 0,3647 es igual a -0,9906

El anterior resultado se puede interpretar como una mejora del desempeño energético en términos del valor de la línea de base.

3.1 Seguimiento de planes, objetivos y metas energéticas

El seguimiento al cumplimiento de los objetivos, metas energéticas y planes de acción para alcanzarlos, son muy importantes para el Sistema de Gestión de la Energía ya que permiten a la organización demostrar a través de resultados el cumplimiento de la política energética establecida.

La comparación entre los IDEn y las LBen permiten evaluar cuantitativamente la efectividad de los planes de acción, metas u objetivos energéticos. En la siguiente tabla se puede visualizar el uso del IDEn definido como kWh/m³ con límite equipo y tipo cociente de valores medidos, como medida de la evaluación del desempeño de los planes de acción, la meta y el objetivo energético descrito.

No.	Objetivo	Meta	Evaluación del desempeño	Plan de acción	Responsable	Recursos	Verificación plan de acción	Fecha límite
	Reducción del consumo total de electricidad de la sede Norte en un 5%.	Reducir en 30% el consumo de electricidad en el uso	Comprobación de reducción a través del IDEn para el cuarto de bombeo	1.1. Cambio de motores trifásicos No. 4 y No. 5 de la sala principal de bombeo por	Coordinador de mantenimiento.	Contrato No. 1024 de 2021 por valor de	Verificar cronograma de ejecución.	Marzo 15 de 2022.

		de bombeo de agua.	agua [kWh/m3].	motores de eficiencia Premium IE3.		30.000.000 de pesos.	Verificar cronograma de presupuesto ejecutado.	
						Grupo de servicios y mantenimiento (2 días).	Comparación de mediciones eléctricas antes del cambio versus después del cambio.	
				1.2. Instalación de variador de velocidad para el motor trifásico No. 8 de 50 HP.	Coordinador área de automatización.	Orden de compra No. 20221032 por valor de 10.000.000 de pesos.	Verificar cronograma de ejecución.	1 de febrero de 2022.
						Grupo de servicios y mantenimiento (7 días).	Comparación de mediciones eléctricas antes del cambio versus después del cambio.	

De la tabla anterior se puede afirmar que la forma hacer el seguimiento y evaluar el cumplimiento de la meta energética de reducción del 30 % en el consumo de electricidad en el uso de bombeo de agua, se debe calcular el IDEn para el cuarto de bombeo agua [kWh/m3] y compararlo con la línea de base energética la cual se debe establecer con los datos históricos de las mediciones de las bombas de agua antes de la ejecución de los planes de acción 1.1 y 1.2. Del resultado de la comparación utilizando el enfoque de cambio porcentual, es posible

determinar si la meta energética se cumple o si se requiere hacer más controles operacionales para que se pueda cumplir.

Documento - Estudios de Caso SGEN

En el siguiente material complementario realizado por Red Colombiana de Conocimiento en Eficiencia Energética - RECIEE (2019) se pueden observar dos estudios de caso con datos reales donde se utilizan los IDEn y las LBEn para la evaluación del desempeño energético.

3.2 Mantenimiento y ajuste de los IDEn y las LBEn

Observe el siguiente recurso el cual le dará información detallada acerca del mantenimiento y ajuste de los IDEn y las LBEn.

###PENDIENTE SLIDERS### (sin diseño)

4. Reporte del desempeño energético y del SGEN

Los reportes del desempeño energético y del sistema de gestión de la energía (SGEn) permiten comunicar de forma efectiva el comportamiento energético de la organización e identificar el nivel de cumplimiento de los objetivos y metas energéticas. Dentro del SGEN la organización puede definir y utilizar diversos tipos de métodos de seguimiento y presentación de informes, sin embargo, los más utilizados son los siguientes:

Reporte diario del desempeño energético

Para organizaciones principalmente del sector industrial donde los niveles de producción y el valor de las variables relevantes cambian de forma continua, generalmente se utiliza un reporte diario de los indicadores de desempeño energético con el fin de identificar desviaciones que se puedan corregir de manera rápida por los encargados del proceso. El tipo de usuarios para este tipo de reportes diarios son las personas que trabajan en las áreas de operación, mantenimiento y producción. En la práctica muchas empresas recurren a pantallas digitales distribuidas por sectores de la empresa o a tableros físicos donde se imprimen los resultados diariamente. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de reporte diario del desempeño energético, en la cual se muestra el cumplimiento diario de las metas y el acumulado del mes en valores porcentuales, su equivalente a valor monetario y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Adicionalmente se muestra el desempeño de cuatro usos de la energía en color verde los que tienen un desempeño adecuado y en color rojo los que tienen un desempeño a mejorar.

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de reporte diario del desempeño energético, en la cual se muestra el cumplimiento diario de las metas y el acumulado del mes en valores porcentuales, su equivalente a valor monetario y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Adicionalmente se muestra el desempeño de cuatro usos de la energía en color verde los que tienen un desempeño adecuado y en color rojo los que tienen un desempeño a mejorar.

Reporte semanal / quincenal / mensual del desempeño energético

Para las organizaciones del sector comercial o de oficinas, normalmente no se utiliza el reporte diario debido a que sus variables relevantes no varían de forma significativa de un día a otro, por lo cual se prefiere que el periodo de reporte sea semanal, quincenal o mensual. Este tipo de reportes es muy utilizado por los coordinadores de las áreas de los usos significativos de la energía como centros de datos, iluminación, aire acondicionado, equipos

de ofimática, ascensores, entre otros. Lo anterior no quiere decir que solo está limitado a este tipo de usuarios, ya que también en el sector industrial son utilizados en los niveles que reportan a la alta dirección.

En la siguiente figura se presenta un ejemplo de reporte de desempeño energético de tipo mensual para un edificio de oficinas

La figura se denomina “indicadores del desempeño energético” inicia con el consumo mensual total del edificio y contiene resultado eficiente más 2 por ciento encima de la meta, “ahorro del mes” más de 3.591.100, el valor de referencia es más 12.080 kWh respecto de la línea base.

“consumo mensual total del sistema de iluminación” menos 1 por ciento por debajo de la meta, “ahorro del mes” más 759.085, el valor de referencia es 1.943 kWh respecto a la línea base.

“consumo sistema aire acondicionado sobre número de ocupantes” contiene resultado eficiente más 8 por ciento, ahorro del mes más 809.600.

Reporte anual del desempeño energético

Este tipo de reportes es muy utilizado por la alta dirección, ya que por lo general la evaluación del cumplimiento de los objetivos a este nivel se realiza en períodos anuales. Por lo tanto este tipo de informes son muy útiles para:

La evaluación por parte del equipo de gestión de la energía del desempeño energético anual de la organización.

La determinación de cambios en las líneas de base energéticas.

La consolidación de la información de entrada para la ejecución de la revisión por la dirección que comprenden como mínimo : el nivel o grado de cumplimiento de cada uno de los objetivos y las metas energéticas, el resultado del desempeño energético y los resultados de las mejoras en el desempeño energético implementadas, los resultados del seguimiento y medición de los IDEn, y los USE, el estado de cada uno de los planes de acción determinados dentro del SGEEn, las barreras, inconvenientes y situaciones a solucionar presentadas durante la implementación y operación del SGEEn, entre otras.

A través de un año se pueden presentar diversas situaciones en la organización respecto al comportamiento del desempeño energético, sin embargo, en este tipo de reportes se pretende que la información sea lo más resumida posible y se prefiere la representación gráfica.

En la siguiente figura se muestra la tendencia de comportamiento para una organización:

Año: enero de 2019

Consumo base kWh: 22.968.260

Consumo real kWh: 23.407.644

Desempeño: MSCOP: 5,90

Año: febrero de 2019

Consumo base kWh): 21.365.348

Consumo real kWh: 21.022.486

Desempeño MSCOP: -54

Año: marzo de 2019

Consumo base kWh): 18.432.475

Consumo real kWh: 18.244.402

Desempeño MSCOP: -\$25

Año: abril de 2019

Consumo base kWh): 16.914.048

Consumo real kWh: 16.828.515

Desempeño MSCOP: -\$1

Año: mayo de 2019

Consumo base kWh): 22.334.068

Consumo real kWh: 21.837.418

Desempeño MSCOP: -\$104

Año: junio de 2019

Consumo base kWh): 19.397.934

Consumo real kWh: 19.064.744

Desempeño MSCOP: -\$80

Año: julio de 2019

Consumo base kWh): 23.787.657

Consumo real KWh: 23.976.974

Desempeño MSCOP: \$71

Año: agosto de 2019

Consumo base kWh): 24.277.770

Consumo real KWh: 24.206.585

Desempeño MSCOP: -\$44

Año: septiembre de 2019

Consumo base kWh): 24.864.872

Consumo real KWh: 24.699.416

Desempeño MSCOP: -\$16

Año: octubre de 2019

Consumo base kWh): 14.558.629

Consumo real KWh: 14.554.352

Desempeño MSCOP: -\$28

Reporte de auditoría interna al SGEN

El objetivo principal de las auditorías internas es determinar el nivel de cumplimiento y desempeño del SGEN, y evidenciar de una manera imparcial y objetiva su efectividad frente a los objetivos y metas energéticas planteadas por la organización. Como uno de los resultados

de la auditoría interna se debe realizar un informe que contiene como mínimo la siguiente información:

Objetivos de la auditoría.

Alcance de la auditoría.

Identificación de la organización a auditar.

Identidad del equipo auditor.

Fechas y ubicaciones en donde se realizaron las actividades de la auditoría.

Criterios de la auditoría.

Hallazgos de la auditoría y las evidencias que los soportan.

Identificación de oportunidades de mejora en el SGEn.

Identificación de fortalezas de la organización frente al SGEn.

Registro de las No conformidades.

Conclusiones de la auditoría.

Reporte de comportamiento energético

Los reportes de comportamiento energético son informes mediante los cuales la organización decide realizar un diagnóstico del comportamiento energético de sus procesos, sistemas o equipos. Este tipo de reportes requiere en ocasiones en donde se necesita un análisis detallado que permita brindar un panorama de la situación energética particular.

Registro de cumplimiento de requisitos legales y otros requisitos

En lo posible, se debe utilizar el resultado de la evaluación del comportamiento de los indicadores de desempeño energético como medida para determinar el cumplimiento de los

requisitos legales. Aunque la evaluación del cumplimiento de requisitos legales no requiere de un análisis exhaustivo ya que la naturaleza del resultado es el cumplimiento o incumplimiento del requisito, en algunos casos resulta útil referenciar el IDEn asociado.

Ejemplo:

Una de las sedes del Ministerio de Minas y Energía ubicadas en la ciudad de Bogotá, tiene implementado su sistema de gestión de la energía, a través del cual se ha identificado uno de los requisitos legales que debe cumplir por pertenecer al sector público

1 MATRIZ DE REQUISITOS LEGALES Y OTROS REQUISITOS

No.	Requisito	Nombre del requisito	Tema	Emisor / parte interesada	¿Aplica para el SGEN?	Forma de cumplimiento	Responsable	Frecuencia / forma de Revisión
2	Ley 1955 de 2019.	Artículo 292. Objetivo para el primer año un ahorro en el consumo de energía de mínimo 15 %.	Gestión de la Energía.	Congreso de la República.	Sí. Obligatorio por pertenecer al sector público.	Resultado del IDEn Consumo Total Edificio [kWh].	Departamento de Operaciones.	Anual / verificación con responsables.
Nota. SENA (2022).								

Como se puede observar en la matriz de requisitos legales, la forma para determinar el cumplimiento del requisito es a través del valor del IDEn Consumo Total Edificio [kWh]. A

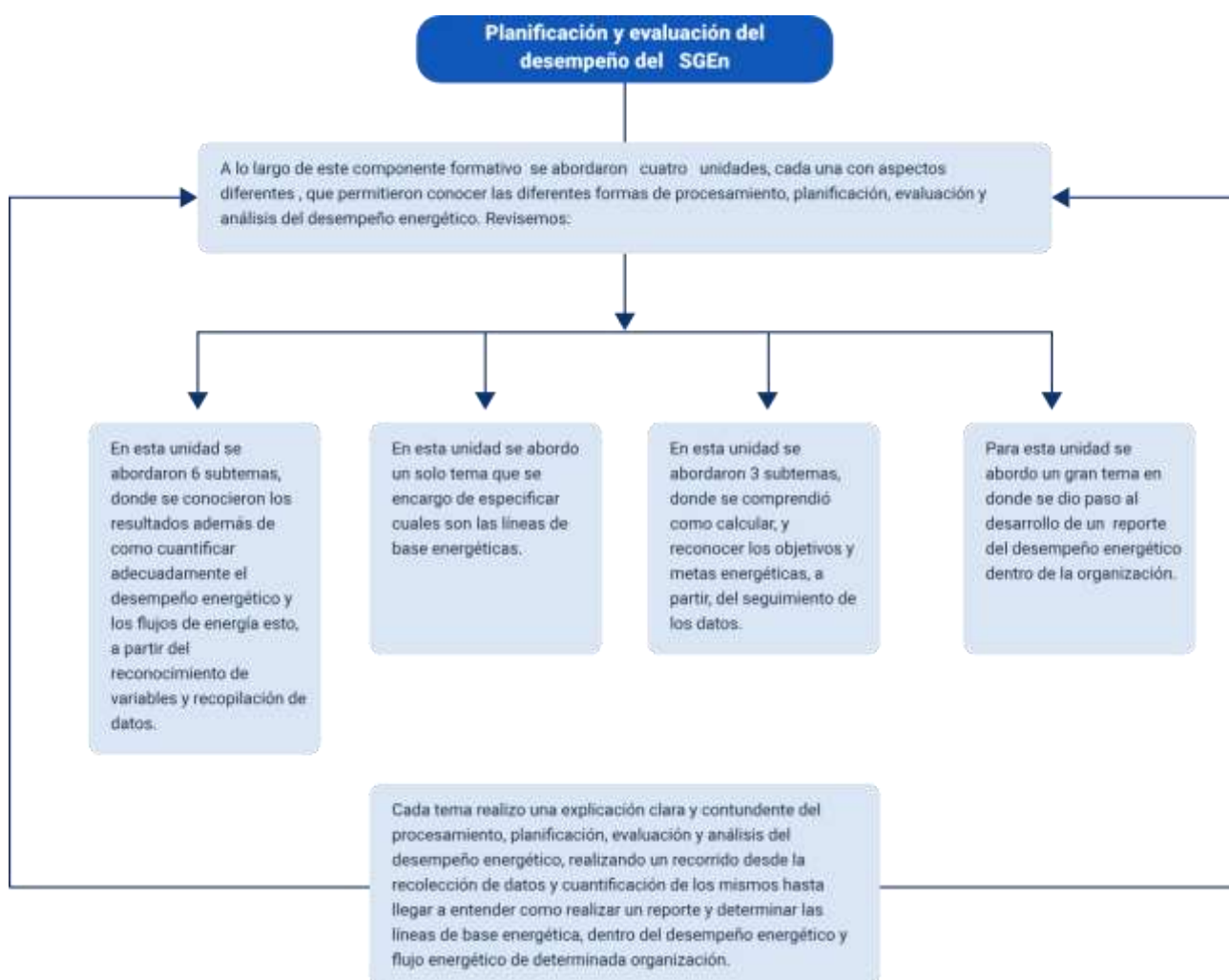
partir de lo anterior, en el momento de la evaluación del cumplimiento de requisitos legales y otros requisitos se puede presentar el siguiente registro determinado por el sistema de gestión de la organización:

2 REGISTRO DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS LEGALES Y OTROS REQUISITOS

No.	Requisito	Tema	Frecuencia / Forma de Revisión	Forma de Cumplimiento	Fecha del seguimiento / Evaluación	Cumple (SI / NO)	Evidencia	Personal entrevistado
2	Ley 1955 de 2019. Artículo 292. Objetivo para el primer año un ahorro en el consumo de energía de mínimo 15%.	Gestión de la energía.	Anual / verificación con responsables.	Resultado del IDEn consumo total edificio [kWh].	Enero 15 de 2022.	Sí	El valor promedio del IDEn consumo total edificio [kWh] para los 12 meses año 2021 fue de 124.350 kWh/mes. La meta del 15% de disminución fue superada en 4%, ya que se obtuvo un ahorro final del 19%.	Jefe de operaciones / Ver correo electrónico.
Nota. SENA (2022).								

Síntesis

A continuación, se muestra un mapa conceptual con los elementos más importantes desarrollados en este componente.



Material complementario

Tema	Referencia APA del Material	Tipo de material	Enlace del Recurso o Archivo del documento material
Determinación de la Línea de Base Energética	Red Colombiana de Conocimiento en Eficiencia Energética - RECIEE. (2019). Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía - Guía con base en la norma ISO 50001:2018. Segunda edición.	Document o en formato pdf	https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/EEIColombia/Guia_estructura_ISO50001.pdf

Glosario

Consumo de energía: cantidad de energía utilizada.

Factor estático: factor identificado que no cambia rutinariamente e impacta el desempeño energético.

Matriz de consumos energéticos: es una tabla con datos y gráficos que permite a la organización identificar de forma rápida los recursos energéticos que utiliza, y el consumo de energía total por cada energético. También resulta útil realizar una tabla de costos energéticos donde se visualice el peso porcentual de cada energético en los costos totales.

Variable relevante: factor cuantificable que cambia rutinariamente e impacta el desempeño energético.

Referencias bibliográficas

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2017). Guía Técnica Colombiana. Sistemas de gestión de la energía. Medición del desempeño energético usando líneas de base energética (LBE) e indicadores de desempeño energético (IDE). Principios generales y lineamientos. (GTC-ISO 50006:2017).

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2019). Norma Técnica Colombiana. Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso. (NTC-ISO 50001:2019).

Red Colombiana de Conocimiento en Eficiencia Energética - RECIEE. (2019). Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía - Guía con base en la norma ISO 50001:2018. Segunda edición.
https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/EEIColombia/Guia_estructura_ISO50001.pdf

Créditos

Nombre	Cargo	Regional y Centro de Formación
Claudia Patricia Aristizábal	Responsable del Equipo	Dirección General
Norma Constanza Morales Cruz	Responsable de línea de producción	Regional Tolima Centro de Comercio y Servicios
Marlon Augusto Villamizar Morales	Experto Técnico	Global Green Growth Institute (GGGI)
<u>Leidy Carolina Arias Aguirre</u>	Diseñadora instruccional	Regional Distrito Capital - Centro de diseño y metrología
Carolina Coca Salazar	Revisora Metodológica y Pedagógica	Regional Distrito Capital- Centro de Diseño y Metrología
Rafael Neftalí Lizcano Reyes	Responsable Equipo Desarrollo Curricular	Regional Santander - Centro Industrial del Diseño y la Manufactura
Jhon Jairo Rodríguez Pérez	Corrector de estilo	Regional Distrito Capital - Centro de Diseño y Metrología
Juan Gilberto Giraldo Cortés	Diseñador instruccional	Regional Tolima – Centro de Comercio y Servicios
María Inés Machado López	Metodóloga	Regional Tolima – Centro de Comercio y Servicios
José Yobani Penagos Mora	Diseñador Web	Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios
Oscar Daniel Espitia Marín	Desarrollador Fullstack	Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios
Gilberto Junior Rodríguez Rodríguez	Storyboard e Ilustración	Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios

Nelson Iván Vera Briceño	Producción audiovisual	Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios
Oleg Litvin	Animador	Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios
Francisco Javier Vásquez Suarez	Actividad Didáctica	Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios
Jorge Bustos Gómez	Validación y vinculación en plataforma LMS	Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios
Gilberto Naranjo Farfán	Validación de contenidos accesibles	Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios