

ANEXO

Metodología de la línea base de consumo y el ahorro estimado, la cual deberá ser atendida por las entidades en la elaboración e implementación de sus medidas para dar cumplimiento a lo establecido en el artículo 237 de la Ley 2294 de 2023”

TABLA DE CONTENIDO

<u>1. INTRODUCCIÓN</u>	3
<u>2. ALCANCE</u>	4
<u>3. OBJETIVO</u>	4
<u>4. GLOSARIO DE TÉRMINOS</u>	4
<u>5. MARCO REFERENCIAL</u>	7
<u>6. MARCO CONCEPTUAL PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LA LÍNEA DE BASE ENERGÉTICA – LBEN</u>	9
<u>7. PROCESO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LA LÍNEA DE BASE ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES</u>	10
7.1 SOLICITAR INFORMACIÓN RELEVANTE.....	11
7.2 DEFINIR PERIODO BASE	11
7.3 DETERMINAR VARIABLES RELEVANTES:.....	12
7.4 SELECCIONAR EL MODELO DE LÍNEA BASE	12
7.5 CONSTRUIR LA LBEN	13
7.6 AJUSTAR O ACTUALIZAR LA LÍNEA BASE DE CONSUMO ENERGÉTICO	17
<u>8. ESTIMAR POTENCIALES DE AHORRO ENERGÉTICO</u>	19
8.1. MEJOR DESEMPEÑO ENERGÉTICO	20
8.2. OPORTUNIDADES DE MEJORA	20
<u>9. INFORMACIÓN A REPORTAR A LA UPME ASOCIADO A DETERMINACIÓN DE LBEN Y ESTIMACIÓN DE POTENCIALES DE AHORRO</u>	23
<u>10. REPORTE DE INFORMACIÓN A LA UPME</u>	24
<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	25
<u>ANEXO 1 - EJEMPLO DE DETERMINACIÓN DE LÍNEA BASE ENERGÉTICA Y CÁLCULO DE AHORROS CON MODELO DE VALOR ABSOLUTO DE ENERGÍA</u>	26
<u>ANEXO 2 - EJEMPLO DE DETERMINACIÓN DE LÍNEA BASE ENERGÉTICA Y CÁLCULO DE AHORROS CON COCIENTE DE VALORES MEDIDO</u>	31
<u>ANEXO 3 - EJEMPLO DE DETERMINACIÓN DE LÍNEA BASE ENERGÉTICA Y CÁLCULO DE AHORROS CON MODELO ESTADÍSTICO</u>	37
<u>ANEXO 4 - EJEMPLO DE AJUSTES RUTINARIOS Y NO RUTINARIOS</u>	44

ANEXO 5 - EJEMPLO DE AHORROS ESTIMADOS POR IMPLEMENTACION DE MEDIDAS ACTIVAS Y PASIVAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA..... 52

1. INTRODUCCIÓN

El Plan de Acción Indicativo del Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía (PAI PROURE) 2022 – 2030 muestra que el potencial de eficiencia en el consumo energético del país corresponde a 1,688 PJ, de los cuales el sector terciario, del cual hace parte el sector público, aportaría el 0.78%. Actualmente, la energía útil sobre la final en el sector terciario es de 33%, situación que indica un potencial de ganancias en eficiencia energética. El Balance de Energía Útil señala que con la adopción de las mejores tecnologías disponibles se podrían alcanzar ahorros del 27% con las mejores tecnologías disponibles (BAT) a nivel nacional y 46% con la BAT internacional. Lo anterior puede reescribirse como aumentos en el porcentaje de la energía útil sobre la energía final en un rango entre el 47% al 63% y ahorros del orden de 742 millones de dólares hasta 1,253 millones de dólares, generando un potencial importante de ahorro de energía, y, por ende, un aporte del sector público a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero del país.

En ese orden de ideas resulta de gran importancia que las edificaciones públicas en el país puedan iniciar el desarrollo de planes de gestión eficiente de la energía (PGEE)¹, con el objetivo de satisfacer eficientemente las necesidades energéticas de las instituciones, procurando el bienestar y confort de usuarios y visitantes.

Una de las primeras etapas dentro del establecimiento del PGEE es el desarrollo de una auditoría energética² herramienta básica para saber cuánta energía se consume mensualmente, y con qué eficiencia, cuáles son los principales equipos consumidores, cómo se usan, y dónde están localizados. Con ello, se logra identificar los potenciales de ahorro energético y económico, y definir los posibles proyectos de mejora de la eficiencia energética.

Como parte de la auditoría energética se debe establecer una línea base de consumo energético (LBE_n) que sirve como punto de partida de la caracterización energética de la edificación y proporciona datos históricos y un contexto fundamental para comprender el consumo energético actual. La auditoría energética entra en acción al evaluar minuciosamente las instalaciones y procesos, identificando áreas de mejora en la eficiencia energética. Una vez identificadas estas oportunidades el cálculo de ahorros potenciales se convierte en un paso crucial, utilizando la LBE_n como punto de referencia para estimar cuánta energía podría ahorrarse mediante la implementación de las medidas recomendadas en la auditoría energética. Esta secuencia de pasos asegura un enfoque metódico y eficaz en la gestión de la eficiencia energética, lo que resulta en ahorros significativos y una utilización más sostenible de la energía.

El presente documento proporciona una guía que busca orientar de forma práctica el cálculo de la LBE_n y la estimación del ahorro de energía en edificios pertenecientes a las administraciones públicas, que deberán tener en cuenta para dar cumplimiento al artículo 237 de la Ley 2294 de 2023. Teniendo en cuenta lo anterior el documento considera en primer lugar un primer contexto general en el cual se desarrolla el alcance, objetivo y el glosario de términos de la metodología. Posteriormente se aborda el marco de referencia donde se recoge el marco normativo relacionado con la estructuración de planes, programas y proyectos en materia de eficiencia energética, así como diferentes protocolos que se han revisado en la determinación de la línea base de consumo energético. Antes de describir el procedimiento detallado se refiere como marco conceptual la necesidad de determinar una LBE_n, los aspectos clave que ello considera, y la caracterización de consumo energético en el sector público.

¹ Para más información revisar la Guía de Planes de Guía de planes de gestión eficiente de energía para administraciones públicas disponible en: <https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Paginas/Guias-de-consumo-eficiente.aspx>

² De acuerdo con el artículo 237 de la Ley 2294 de 2023: “El Gobierno nacional, y el resto de las administraciones públicas, en un término no superior a un (1) año, a partir de la entrada en vigencia de la presente Ley realizarán una auditoría energética de sus instalaciones, con una periodicidad de cada cuatro (4) años y establecerán objetivos de ahorro de energía a ser alcanzados a través de medidas de eficiencia energética y la implementación de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable -FNCER-. Cada entidad deberá implementar en el siguiente año posterior a las auditorías energéticas, estrategias que permitan un ahorro en el consumo de energía de mínimo 15% respecto del consumo del año anterior, y a partir del segundo año, metas sostenibles definidas por la auditoría y a ser alcanzadas a más tardar en el año 2026”

El capítulo 8 aborda de manera detalla el proceso sugerido para la determinación de la Línea Base de Consumo Energético en edificios pertenecientes a la administración pública. A continuación, y conforme al mandato establecido en la Ley, la UPME presenta la información de resultados que deberá ser reportada por cada entidad de acuerdo con lo definido en el artículo 2 de la presente Resolución.

Este documento se ha beneficiado de valiosas contribuciones de externos y colaboradores de la UPME, por ello la Subdirección de Demanda agradece la participación y aporte de los Centros de Evaluación Industrial (Centros PEVI) de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Universidad Autónoma de Occidente, Universidad del Atlántico, esta última en alianza con la empresa E2 Energía Eficiente.

El grupo de trabajo autor de este documento está conformado por: José Lenin Morillo y Olga Victoria González de la UPME; Cesar Acevedo, Mario Acero, Carlos Díaz, Leonardo Pacheco, Luis Jaimes Reátiga y Yesid Muñoz de la Universidad Autónoma de Bucaramanga; Rosaura Castrillón, Juan Ricardo Vidal y Enrique Quispe de la Universidad Autónoma de Occidente; Juan Carlos Campos de la Universidad del Atlántico; y Elkin Ramírez colaborador y asesor externo.

2. ALCANCE

Esta guía describe la metodología para calcular, actualizar y ajustar la línea base de consumo energético (LBEn) en edificios pertenecientes a las administraciones públicas colombianas, a partir de la información de consumo de energía, las variables que lo determinan teniendo en cuenta diferentes modelos utilizados en protocolos internacionales para el cálculo de LBEn. Además, se podrá estimar el ahorro potencial de energía, así como identificar la información a reportar a la UPME sobre los cálculos y resultados obtenidos.

Los lineamientos de este documento son aplicables a cualquier edificación perteneciente a la administración pública, independiente de su tamaño, tipo, ubicación o nivel de madurez en el campo de la gestión de la energía.

3. OBJETIVO

Determinar la metodología para el cálculo de la línea base de consumo energético (LBEn) y ahorro estimado, así como establecer la información a reportar a la UPME sobre los resultados alcanzados a partir de la implementación de medidas de eficiencia energética.

4. GLOSARIO DE TÉRMINOS

Administración pública: Cuando se habla de administración pública, se hace relación a todas las administraciones del estado, las cuales incluyen las de orden nacional y las de orden territorial.

Ahorro energético: Valor, en unidades energéticas, del consumo de energía o reducción de la demanda, determinado mediante la comparación de los valores energéticos medidos antes y después de la aplicación de una medida de conservación de la energía, realizando los ajustes rutinarios o no rutinarios adecuados para los cambios en las condiciones.

Ajuste: Cálculos realizados de manera individual y específica para contabilizar los cambios anticipados en el consumo de energía o la demanda, ya sea debido a modificaciones en las variables independientes dentro del límite de medición (ajuste rutinario), o para tener en cuenta los efectos energéticos derivados de cambios en los factores estáticos dentro del límite de medición (ajuste no rutinario). Estos cálculos se emplean con el propósito de ajustar los datos de manera precisa, considerando las variables relevantes que pueden influir en el consumo de energía o demanda, a fin de obtener mediciones más precisas y comparables en el contexto de la evaluación de ahorros energéticos.

Auditoría Energética: Análisis sistemático del uso de la energía y el consumo de energía dentro de la definición de alcance de la auditoría energética, con el fin de identificar, cuantificar e informar sobre las oportunidades para mejorar el desempeño energético³.

Consumo de energía: Cantidad de energía utilizada o aplicada a un proceso determinado.

Desempeño energético: Resultados medibles relacionados con la eficiencia energética, el uso de la energía y el consumo de energía⁴.

Ecuación de Línea Base de Consumo Energético: Es una representación matemática que describe el nivel de consumo de energía en un sistema en un momento dado, generalmente en función del tiempo u otros factores relevantes. Esta ecuación se utiliza para establecer una referencia o punto de partida que permite evaluar cambios en el consumo de energía a lo largo del tiempo o en respuesta a ciertas variables, como la implementación de medidas de eficiencia energética o cambios en el comportamiento de consumo.

Eficiencia energética: Se refiere a la capacidad de obtener el máximo beneficio o rendimiento con la menor cantidad de energía utilizada. En otras palabras, es la medida de cuánta energía se convierte en trabajo útil o en la realización de una tarea específica en comparación con la cantidad total de energía consumida. Cuanto más eficiente es un sistema, menos energía se desperdicia en forma de calor, ruido o pérdidas, y más se utiliza para cumplir con su función principal.

Energía: En el propósito de este documento, se atribuye la energía a los diferentes tipos de energía, incluyendo la renovable, que puede ser comprada, almacenada, tratada, utilizada en un equipamiento o en un proceso, o recuperada.

Factor estático: Aquellas características de una instalación que afectan al consumo y la demanda de energía, dentro del límite de medición definido, que no se espera que cambien y, por lo tanto, no se incluyeron como variables independientes. Si cambian, deben calcularse ajustes no rutinarios para tener en cuenta estos cambios.

Línea de base de consumo energético – LBE: Se refiere a los sistemas, el período de tiempo, el uso de energía o las condiciones que proporcionan una referencia con la que se puede comparar el rendimiento posterior de una o varias medidas de conservación de energía. La LBE se fundamenta en los datos de un período de tiempo especificado y/o las condiciones, según lo defina una organización. Las LBE se usan para la determinación de la mejora del desempeño energético, como referencia antes y después, o con y sin la implementación de acciones de mejora del desempeño energético.

Medida de Conservación de Energía (MCE): Acción o conjunto de acciones enfocadas en mejorar la eficiencia, conservar energía, o gestionar la demanda.

Normalización: Modificación de los datos para tomar en cuenta los cambios del desempeño energético en condiciones equivalentes. (ISO 50001:2018). Se refiere al proceso de ajustar los datos de consumo de energía, demanda o costos de un período de referencia (período de línea base) y un período de reporte (período de reporte) a un conjunto común de condiciones. Estas condiciones comunes pueden ser un conjunto de condiciones promedio a largo plazo o un conjunto de condiciones acordadas que difiere del período de reporte. La finalidad de la normalización es permitir una comparación justa y precisa de los ahorros logrados, eliminando las variaciones debidas a diferencias en las condiciones climáticas, operativas u otros factores que podrían influir en el consumo de energía o costos. Los ajustes durante el proceso de normalización pueden incluir tanto ajustes habituales como no habituales para lograr esta comparación equitativa.

³ Para más información consultar norma ISO 50002:2014

⁴ Para más información consultar norma ISO 50001:2018

Período de línea base de consumo energético: Periodo de tiempo definido elegido para representar el funcionamiento de la instalación o sistema antes de la aplicación de una medida de conservación de la energía.

Periodo de reporte: Periodo de tiempo definido elegido a efectos de verificar el ahorro tras la aplicación de una medida de conservación de la energía.

Población fija (ocupantes): Son aquellas personas que tienen el carácter de permanencia en la edificación. Estos ocupantes generalmente pasan la mayor parte de su tiempo en el edificio, como empleados de oficina, estudiantes en una escuela, etc. Son parte integral de la población a largo plazo de la edificación y su número suele ser constante o variar lentamente con el tiempo. Para fines de establecer una LBE_n, el número de ocupantes fijos se toma como una cifra relativamente constante y se utiliza como parte de los factores para calcular el consumo de energía per cápita o por área.

Población flotante (ocupantes): Son personas que no tienen una presencia permanente en la edificación y pueden variar en número de manera significativa a lo largo del tiempo. Esto puede incluir visitantes, clientes, contratistas, asistentes a eventos temporales, turistas, etc. Los ocupantes flotantes tienden a estar presentes de manera temporal o esporádica en la edificación y su número puede fluctuar en función de factores como la temporada, eventos especiales, horarios de funcionamiento de la edificación, etc.

Uso de la energía: Forma o tipo de aplicación de la energía. Se refiere a la aplicación de la energía para un fin determinado. Ejemplos: Ventilación, iluminación, calefacción, refrigeración, transporte, procesos industriales, cadena de producción.

Uso significativo de la energía – USE_n: Se refiere a cualquier proceso o sistema que consume una cantidad sustancial de energía en relación con su función o beneficio proporcionado. En otras palabras, es aquel que requiere una cantidad apreciable de energía para llevar a cabo una tarea o actividad específica. Identificar un uso significativo de energía es importante en la eficiencia energética, ya que es en estos puntos donde las mejoras pueden tener un impacto considerable en la reducción del consumo de energía y los costos asociados.

Valor estimado: Parámetros utilizados en los cálculos de ahorro determinados mediante métodos distintos a la realización de mediciones. Los métodos utilizados para estimar los valores pueden variar desde suposiciones arbitrarias hasta estimaciones de ingeniería derivadas de las clasificaciones de desempeño de los equipos realizadas por los fabricantes. Los valores de los parámetros derivados de pruebas de rendimiento de los equipos u otras mediciones que no se realicen in situ se consideran estimaciones.

Variable independiente: Parámetro que se espera que cambie rutinariamente y que tenga un impacto medible en el consumo y/o demanda de energía de un sistema o equipamiento.

Variable relevante. Factor cuantificable que impacta de forma significativa en el desempeño y el consumo de energía, cambia de forma rutinaria y puede o no ser controlable por prácticas operacionales o de mantenimiento, para mejorar el desempeño. Existen variables controlables, por ejemplo: tiempo de encendido de luminarias, temperatura de climatización de locales, número de locales ocupados, número de ascensores en funcionamiento, frecuencia de limpieza de manejadoras, frecuencia de mantenimiento a ductos de aire acondicionado. Y existen variables relevantes no controlables, por ejemplo: grados días de temperatura, ocupación de la edificación, metros cuadrados de la edificación, pacientes atendidos, horas laborales de la edificación. Estas variables relevantes no controlables son definidas por la actividad de la edificación y no son posibles de alterar. Son las que se deben usar para normalizar la comparación del consumo de energía real con la línea base de consumo energético.

5. MARCO REFERENCIAL

Durante los últimos años, en Colombia se han avanzado de manera importante en materia de políticas públicas orientadas al desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la mejora de la seguridad del abastecimiento energético. En este sentido, se presenta a continuación una breve descripción de algunas de las principales normas y/o lineamientos de política que se relacionan con la estructuración de estos planes; así como algunos referentes normativos a tener en cuenta dentro del planteamiento de esta guía.

Ley 1715 de 2014: Establece la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional y la promoción de la gestión eficiente de la energía.

Ley 2099 de 2021: Por medio de esta Ley se busca modernizar la legislación vigente en cuanto a la transición energética, la dinamización del mercado energético a través de la utilización, desarrollo y promoción de fuentes no convencionales de energía, la reactivación del país y dictar normas para el fortalecimiento de los servicios públicos de energía eléctrica y gas combustible. Como primera medida, se declaran de utilidad pública y de interés social a las actividades de promoción y desarrollo de fuentes no convencionales de energía. Se crea el Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE), con el fin de promover, ejecutar y financiar planes y proyectos de Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE). Además, regula asuntos relacionados con la exploración e investigación del recurso geotérmico.

Ley 2294 de 2023: Por la cual se adopta el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026. El artículo 237 de esta Ley establece que los edificios pertenecientes a las administraciones públicas y en un término no superior a un año a partir de la entrada en vigencia de la Ley 2294 (es decir, el 19 de mayo de 2024), se deberá realizar una auditoría energética de sus instalaciones, con una periodicidad de cada cuatro (4) años, con el fin de establecer objetivos de ahorro de energía a ser alcanzados a través de medidas de eficiencia energética y la implementación de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable – FNCER

Plan de Acción Indicativo del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía, PAI PROURE, 2022-2030 (Resolución 40156 de 2022 del Ministerio de Minas y Energía): El PAI PROURE es el instrumento utilizado por el Gobierno Nacional para la promoción de la eficiencia energética y para concretar las medidas y responsabilidades en esta materia. Este Plan también tiene dentro de sus estrategias la consolidación de un mercado activo en eficiencia energética, según el cual, con la promoción de la adopción de Sistemas de Gestión de la Energía se lograría recopilar información detallada sobre el consumo energético y sobre la mejora del desempeño energético.

Resolución 0549 del 10 de julio de 2015 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio: Establece porcentajes mínimos y medidas de ahorro en agua y energía a alcanzar en las nuevas edificaciones y adoptar la guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones. En sus anexos se encuentra la Guía y un mapa de distribución de municipios de Colombia por zona climática.

Plan Energético Nacional de Colombia: Ideario Energético 2050: Uno de los objetivos de política de largo plazo se relaciona con la eficiencia energética, el cual se sustenta en adoptar nuevas tecnologías, buenas prácticas en la operación, y hábitos que permitan optimizar los recursos energéticos.

Conpes 3919 de 2018 - Política Nacional de Edificaciones Sostenibles: Una de las acciones propuestas es diseñar e implementar instrumentos de política pública que permitan incluir criterios de sostenibilidad para todos los usos y dentro de todas las etapas del ciclo de vida de las edificaciones.

Conpes 3934 de 2018 – Política de Crecimiento Verde: En el sentido de la gestión eficiente de la energía, se relaciona con su segundo objetivo, que consiste en fortalecer los

mecanismos y los instrumentos para optimizar el uso de recursos naturales y energía en la producción y en el consumo.

Resolución UPME 319 de 2022: Establece los requisitos y el procedimiento para la evaluación de las solicitudes de evaluación y emisión de los certificados que permitan acceder a los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014.

A continuación, se describen los referentes normativos que son soporte de esta guía y apoyo en el proceso de establecimiento de la Línea Base Energética.

- **Protocolo Internacional de Medición y Verificación del Desempeño – IPMVP:** Es un protocolo de uso gratuito respaldado y mantenido por la ONG EVO (Efficiency Valuation Organisation). Consiste en un conjunto de recomendaciones y mejores prácticas reconocidas a nivel mundial para medir y verificar el desempeño de proyectos de eficiencia energética y conservación de energía. El IPMVP proporciona un marco estandarizado que se utiliza para evaluar y cuantificar los ahorros de energía logrados a través de medidas de eficiencia energética en edificaciones, sistemas industriales y procesos. El IPMVP se utiliza para establecer una línea de base de referencia, definir las mediciones de ahorro de energía y verificar si los resultados cumplen con las expectativas proyectadas. El protocolo se divide en tres métodos de medición y verificación, conocidos como "opciones", que se adaptan a diferentes situaciones: i. Medición del ahorro basada en mediciones directas; ii. Medición del ahorro basada en mediciones de submedidores o parámetros de sistemas; y, iii. Medición del ahorro basada en un modelo de cálculo.
- **ISO 50001:2018** – Sistemas de Gestión de la Energía. Requisitos con Orientación para su Uso: Esta norma establece los requisitos para implementar un sistema de gestión de la energía efectivo en una organización. Proporciona una estructura para ayudar a las organizaciones a desarrollar políticas y metas energéticas, identificar oportunidades de mejora y establecer procesos para medir, seguir y revisar el desempeño energético; entre los que se encuentra el establecimiento de la línea base.
- **ISO 50002:2014** – Auditorías Energéticas Requisitos con Orientación para su Uso: Esta norma establece los requisitos para llevar a cabo auditorías energéticas en edificaciones y sistemas. Las auditorías energéticas son un paso crítico en la evaluación de la eficiencia energética y el establecimiento de la línea base, ya que ayudan a identificar oportunidades de ahorro y a recopilar datos necesarios.
- **ISO 50006:2014** – Sistemas de Gestión de la Energía. Medición del Desempeño Energético Usando Líneas Base Energéticas (LBE) e Indicadores de Desempeño Energético (IDEn). Principios Generales y Orientación: Esta norma se enfoca en la evaluación del desempeño energético utilizando la LBE e IDEn. Proporciona orientación sobre cómo establecer, evaluar y comparar el desempeño energético en diferentes períodos de tiempo.
- **ISO 50008** – Gestión de Energía y Ahorro de Energía. Gestión de Datos de Energía de Edificios para el Desempeño Energético. Orientación para un Enfoque de Intercambio de Datos Sistémico: Esta norma se centra en la gestión de datos relacionados con el desempeño energético. Proporciona directrices para recopilar, almacenar y analizar datos que son fundamentales para el proceso de establecimiento de la línea base.
- **ISO 50015:2015** – Sistemas de Gestión de la Energía. Medición y Verificación del Desempeño Energético de Organizaciones. Principios Generales y Orientación: Esta norma se centra en los procesos de medición y verificación del desempeño energético en organizaciones. Proporciona directrices detalladas para la medición y verificación de los ahorros de energía, lo que es fundamental para establecer una línea base sólida y evaluar la efectividad de las medidas de eficiencia energética.
- **ISO 17747** – Determination of Energy Savings in Organizations: Esta norma proporciona pautas y metodologías para determinar y calcular los ahorros de energía en

organizaciones. Ayuda en la medición y verificación de los resultados de eficiencia energética, lo que es esencial para el proceso de establecimiento de la línea base.

- **ISO 50046** – Métodos generales para Predecir el Ahorro de Energía: Esta norma proporciona métodos detallados para evaluar y calcular los ahorros de energía en aplicaciones específicas. Ayuda a las organizaciones a aplicar métodos estandarizados en sus evaluaciones de eficiencia energética.
- **ISO 50047** – Ahorro de Energía. Determinación del Ahorro de Energía en las Organizaciones: Esta norma se centra en la determinación de ahorros de energía en organizaciones. Proporciona orientación sobre cómo calcular y verificar los ahorros de energía en un contexto organizacional.
- **ASHRAE 90.1 2016, Apéndice G:** Este apéndice de la norma ASHRAE 90.1 proporciona parámetros de ajuste de línea base y estimación de ahorro energético en edificios con consumo en sistemas HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning). Es especialmente relevante para edificaciones gubernamentales y proporciona orientación sobre cómo establecer una línea base específica ante la presencia de este tipo de cargas en el consumo predominante de energía.

6. MARCO CONCEPTUAL PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LA LÍNEA DE BASE ENERGÉTICA – LBEn

Para poder determinar el comportamiento del consumo energético y los posibles ahorros, es necesario determinar una línea base de consumo energético (LBEn), que permita evaluar el uso y la eficiencia energética de un equipo, área, departamento, instalación o planta dentro de los límites seleccionados. De manera que, una LBEn es una herramienta esencial para evaluar el progreso de la implementación de mejoras en el consumo de energético, pues permite la comparación entre el período de tiempo para el cual fue construida, y el evaluado en donde se han implementado medidas de mejora, jornadas de sensibilización y/o buenas prácticas de operación y mantenimiento, para alcanzar los objetivos y metas establecidas con relación al consumo de energía.

La elaboración de una línea base de consumo energético es un proceso integral que implica la recopilación, análisis y documentación de datos de consumo de energía para establecer un punto de referencia que permita evaluar mejoras y tomar decisiones informadas en la gestión de la energía. En este sentido, para la elaboración de una LBEn se deben tener en cuenta los siguientes aspectos clave:

- **Definición de objetivos:** El primer paso en la elaboración de una línea base es definir claramente los objetivos del análisis. Esto puede incluir identificar el alcance del sistema o proceso que se va a evaluar y determinar qué se quiere lograr con la línea base, como la reducción de costos, la optimización de la eficiencia energética o la evaluación del impacto de medidas de mejora.
- **Recopilación de datos:** Se necesita recopilar datos precisos sobre el consumo de energía en el sistema o proceso que se está estudiando. Esto incluye la medición de la energía utilizada a lo largo del tiempo, lo que puede requerir el uso de medidores, registros de facturación de energía u otros métodos de recolección de datos.
- **Análisis de datos:** Una vez que se recopilan los datos, es esencial realizar un análisis detallado para identificar patrones, tendencias y posibles áreas de ineficiencia. Este análisis puede implicar el uso de software especializado y técnicas estadísticas.
- **Normalización de datos:** En algunos casos, puede ser necesario normalizar los datos para tener en cuenta factores externos que pueden afectar el consumo de energía, como las condiciones climáticas, la producción, la ocupación, etc. La normalización permite comparar el desempeño energético en diferentes períodos de tiempo.
- **Establecimiento de una línea base:** Con base en el análisis de datos, se establece la línea base de consumo energético. Esta línea base representa el nivel de consumo de energía esperado en ausencia de medidas de mejora.

- Documentación y presentación: La línea base, junto con el análisis y la metodología utilizada, debe documentarse de manera clara y presentarse a las partes interesadas. Esto facilita la comunicación y la toma de decisiones informadas.
- Seguimiento y revisión: La línea base no es estática y debe ser revisada y actualizada periódicamente para reflejar cambios en el sistema o proceso, así como para evaluar el impacto de medidas de eficiencia energética implementadas. El seguimiento constante es esencial para garantizar que se mantenga actualizada y sea efectiva.

La selección de una LBEn está ligada a retos que puede afrontar la organización, abordando aspectos tales como el tamaño de las instalaciones, el perfil de consumo, la cultura organizacional, entre otros.

Considerando ahora que una línea puede ser establecida como un valor medido hasta un modelo basado en simulaciones, se lista a continuación los modelos propuestos en la norma ISO 50006 como ayuda para la selección de una LBEn:

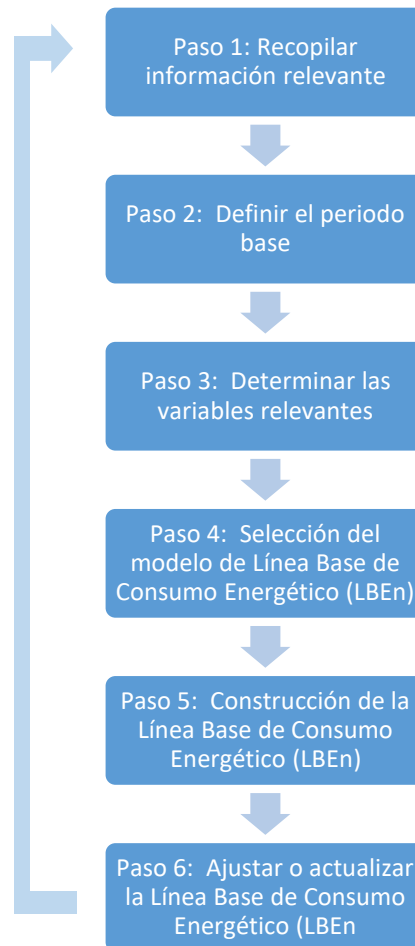
- Consumo Absoluto
- Consumo de Energía Específico
- Modelo Estadístico
- Modelo de Ingeniería o simulación basada en principios científicos

El tipo de LBEn o el método para establecerla, varía dependiendo de la complejidad de la organización, así como de otros factores mencionados. Por ejemplo, con instalaciones pequeñas con un uso sencillo de la energía y variables significativas sencillas de entender, la LBEn puede establecerse rápidamente gracias a un método simple. Sin embargo, en una organización grande, con varias fuentes energéticas, con usos complejos de energía aplicados a varios productos en tiempos variables a lo largo del año; seleccionar y establecer un tipo de línea de base energética adecuada, puede tomar tiempo y requerir esfuerzos basados en el análisis, a través del establecimiento de modelos estadísticos o matemáticos.

7. PROCESO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LA LÍNEA DE BASE ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES

A continuación se presentan los pasos necesarios para establecer una línea base energética:

- Paso 1: Recopilar información relevante
- Paso 2: Definir el periodo base
- Paso 3: Determinar las variables relevantes no controlables
- Paso 4: Selección del modelo de Línea Base de Consumo Energético (LBEn)
- Paso 5: Construcción de la Línea Base de Consumo Energético (LBEn)
- Paso 6: Ajustar o actualizar la Línea Base de Consumo Energético (LBEn)



7.1 Solicitar información relevante

En esta etapa, se recopila información relevante sobre la edificación y su consumo de energía. Esto puede incluir datos históricos de consumo de energía, áreas útiles que impliquen consumo de energía, fuentes de energía utilizadas, especificaciones técnicas de los equipos y sistemas energéticos; así como, horas de uso de estos. También sería importante contar con información sobre ocupantes (población fija y flotante), actividades u operaciones, horarios de trabajo y cualquier otro dato que pueda influir en el consumo de energía, tales como características energéticas de la envolvente de la edificación. Como mínimo, para el planteamiento de la línea base se requieren registros de facturación mensual de servicios de energía, siendo recomendable, por razones estadísticas, al menos 3 años de datos.

7.2 Definir periodo base

El periodo base es el período de tiempo que se utilizará como referencia para la determinación de la línea base. Su extensión en cuanto al horizonte temporal (número de años) depende de la disponibilidad de la información de facturación recolectada y de la no ocurrencia de cambios permanentes que puedan afectar el consumo habitual de energía, como el caso de modificaciones a la infraestructura energética del edificio o cambios en el uso o la ocupación de este (ver numeral 7.8.). El período base seleccionado, debe ser lo suficientemente largo (se reitera la recomendación de mínimo 3 años, si los datos son mensuales) para que se incluyan en la línea base efectos estacionales (por ejemplo mayor afluencia de público, en épocas de pago de impuestos) y para que los datos incluyan los diferentes estados operacionales de los equipos, instalaciones y/o áreas. Así que, el período de medición seleccionado y el intervalo de registro de datos, deben proporcionar una muestra representativa para ser estadísticamente válida en la construcción de una LBE que proporcione una precisión aceptable, para la estimación de ahorros energéticos y el seguimiento del desempeño energético.

7.3 Determinar variables relevantes:

Las variables relevantes son aquellas que impactan significativamente en el desempeño energético y cambian de forma rutinaria. Las mismas se refieren a parámetros operacionales, actividades de mantenimiento, eventos o actividades que cambian en la operación cotidiana de la organización y cuya variación produce cambios significativos en el consumo de energía. Estas variables pueden incluir el área de la edificación, la cantidad de ocupantes (población fija y flotante), número de personas o solicitudes atendidas, grados día de temperatura, tiempos de trabajo. No obstante, los modelos de línea base pueden mejorarse y aumentar su robustez incluyendo más de una variable relevante por ejemplo condiciones operacionales de equipos (tipos de agrupamiento de equipos, presión, temperatura, velocidad, viscosidad, rpm, relación aire/combustible, tiempos de cambio de producto, tiempos de arranque, paradas, reprocesos, regímenes de operación, cantidad de purgas al día, etc.); condiciones climáticas (temperatura exterior e interior, humedad relativa, presión ambiente, polución, densidad); condiciones de mantenimiento (frecuencia de limpieza, lubricación, frecuencia de inspecciones, ajustes, tiempos de cambio de partes y piezas, confiabilidad, disponibilidad). Pueden existir muchas variables que al cambiar produzcan cambios en el consumo de energía; sin embargo, se trata de reducir el análisis a sólo aquellas que produzcan cambios relevantes en el consumo de energía, para lo cual es necesario realizar un análisis estadístico que permita establecer la significancia de la variable relevante en la línea base.

7.4 Seleccionar el modelo de línea base

Los modelos de línea base pueden variar en función de la información disponible, la distribución temporal de los datos y las variables relevantes. Pueden ser modelos simples basados en información histórica de consumo, pasando por modelos de regresión lineal hasta modelos más complejos que tienen en cuenta múltiples variables. La elección del modelo dependerá de la complejidad de la edificación y la disponibilidad de datos.

7.4.1. Medición del valor absoluto de energía

En un modelo de Valor Absoluto de Energía, la LBE_n se establece tomando un valor fijo de energía a partir del histórico de consumo de energía en el periodo base. Este valor fijo se convierte en la LBE_n, y cualquier desviación del consumo real con respecto a este valor, se utiliza para evaluar el desempeño energético. Un consumo por encima o por debajo de este valor, se consideraría como un aumento o disminución en el consumo. Este enfoque es simple y no tiene en cuenta las variaciones en las condiciones operativas.

Este modelo se emplearía en casos donde no se cuenta con datos de variables relevantes que determinen el consumo de energía, por lo tanto el consumo fijo periódico de energía (kWh/mes) puede servir como el valor de referencia para estructurar la línea base energética.

7.4.2. Cociente de los valores medidos o relación simple

El modelo de Cociente de los Valores Medidos se emplea cuando se sospecha que una variable específica, como la temperatura, el número de ocupantes, o cualquier otro factor, está directamente relacionada con el consumo de energía. Se utiliza para comparar el consumo de energía actual con un valor de referencia basado en una relación o cociente entre dos variables. Por lo general, se toma el consumo de energía y se lo compara con una variable relevante, como el área de la edificación, número de personas o solicitudes atendidas, grados día de temperatura, tiempos de trabajo, u otra métrica. El cociente resultante se utiliza como línea de base, y cualquier cambio en el cociente en el futuro se utiliza para evaluar el desempeño.

7.4.3. Modelo estadístico

El modelo estadístico, en particular el análisis de regresión lineal, es un enfoque más avanzado que utiliza técnicas matemáticas y estadísticas para modelar la relación entre variables independientes y el consumo de energía. En un análisis de regresión lineal, se

identifican las variables independientes (como temperatura, área de la edificación, número de ocupantes, etc.) que se consideran relevantes para el consumo de energía. Luego, se utiliza una ecuación de regresión para estimar el consumo de energía en función de estas variables. La ecuación resultante, ecuación de Línea Base de Consumo Energético, determina la línea de base a partir de la (las) variable(s) relevante(s), puesto que permite tener en cuenta múltiples factores que afectan el consumo de energía.

Es un enfoque más preciso y flexible que puede adaptarse a las condiciones específicas de la edificación. La validez del modelo debe confirmarse mediante pruebas estadísticas. Por ejemplo, el P-value permite determinar si las relaciones entre las variables relevantes son estadísticamente significativas. Un valor p bajo ($p\text{-value} < 5\%$) sugiere que los datos utilizados para la variable relevante analizada, proporcionan suficiente evidencia para explicar que dicha variable sí influye en el comportamiento del consumo de la energía, mientras que un valor p-value alto sugiere la falta de evidencia de una relación significativa.

7.4.4. Modelo de ingeniería o simulación

Los modelos basados en ingeniería pueden representar una gran cantidad de variables relevantes. La preparación de modelos de ingeniería o simulación, requiere un conocimiento detallado del comportamiento del consumo de energía utilizando el sistema que se está modelando. El modelado basado en ingeniería se puede usar cuando no hay datos anteriores disponibles.

Los modelos de ingeniería también son útiles cuando existen variables importantes que no son independientes entre sí, como la temperatura y el caudal, en modelos de edificaciones completas que tienen en cuenta horas de operación, sistemas de climatización (HVAC) distribuidos vs centralizados y variación en las necesidades de los ocupantes. Los indicadores obtenidos con modelos de ingeniería son de gran utilidad para medir el desempeño energético debido a cambios operacionales cuando las variables a considerar son numerosas; también en procesos y/o sistemas transitorios que involucran ciclos dinámicos de retroalimentación o en sistemas que con variables relevantes interdependientes (como temperatura y el caudal); resultan adecuados para estimar el desempeño energético en una etapa de diseño.

7.5 Construir la LBEn

A partir de la información recolectada por cada energético utilizado en el edificio, se debe definir cuál será el modelo que se utilizará para la construcción de la LBEn.

Si solo se cuenta con información de consumo energético en el tiempo (kWh por mes), se sugiere utilizar el modelo de valor absoluto de energía.

Si además del consumo energético en el tiempo se cuenta con una variable relevante que se presume está directamente relacionada con el consumo energético, por ejemplo, ocupación, se sugiere utilizar el modelo de cociente de los valores medido o relación simple. En este caso, el modelo utilizará el cociente establecido por unidad de tiempo (kWh/usuario atendido por mes).

Finalmente, es posible determinar el consumo energético considerando que este se comporta como una variable dependiente de una o más variables independientes. En este caso se sugiere hacer uso de una regresión lineal, univariable o multivariable, ya que dicha relación estadística permita adaptar las condiciones específicas de consumo de la edificación. Así por ejemplo, el consumo energético (variable dependiente) puede ser función lineal de una o varias variables independientes como: grados de temperatura, la humedad relativa, el área de ocupación, el número de horas de trabajo, población atendida, etc.

Es importante que la información de consumos energéticos sea normalizada a periodos de mensuales de 30 días, toda vez que en la información registrada en la factura puede ser resultado de periodos de más o menos de 30 días. Por ello, se debe tomar el valor total del consumo de energía facturado, dividirlo entre los días del periodo de facturación registrado en la factura, y el resultado multiplicarlo por 30. Así:

$$= \frac{\text{Consumo mensual de energía normalizado}}{\text{Consumo registrado en la factura de energía}} \times 30 \quad (1)$$

Días del periodo de facturación

7.5.1. A partir del modelo de valor absoluto de energía

Es necesario tener en cuenta el periodo base de la información que se recopila. Así, se sugiere tener al menos tres valores del mismo mes de consumo siempre y cuando las características arquitectónicas, de uso, o de infraestructura energética de la edificación no hayan sufrido variación. En caso contrario, se tomará como valor absoluto de energía la información de consumo energético en el periodo que se tome selecciono como base de consumo energético de referencia.

La LBE_n se debe calcular de forma mensual a partir del promedio simple de los consumos energéticos mensuales conocidos, así:

$$LBE_n = \frac{\sum_{i=1}^m \text{consumo mensual de energía}_i}{m} \quad (2)$$

Donde,

LBE_n = Línea base de consumo energético para el mes m
 Consumo de energía = cantidad de energía consumida en el mes i
 m = número de meses

De esta forma se deben obtener 12 valores promedio que corresponden a los 12 periodos mensuales del año.

Se sugiere realizar una verificación de los resultados del modelo obtenidos, estableciendo el intervalo de confianza de los datos. Para ello, se define un límite superior como el promedio de simple de los consumos energéticos obtenidos más un 10%, y un límite inferior como el promedio de simple de los consumos energéticos obtenidos menos un 10%, así:

$$\text{Intervalo de confianza} = LBE_n * 1,1 < LBE_n < LBE_n * 0,9 \quad (3)$$

Se deberá eliminar de la base de información de consumos energéticos inicial aquellos valores que estén por fuera del intervalo de confianza. Una vez depurada la base de información de consumos energéticos, se debe calcular la LBE_n de acuerdo con la ecuación 2. Los valores obtenidos luego de la verificación del modelo, se constituyen en la línea base de consumo energético, LBE_n.

En caso de contar con un número significativo de datos de consumo energético mensual, por ejemplo 10 o más, se sugiere establecer el intervalo de confianza así⁵:

$$\text{Intervalo de confianza} = LBE_n + \text{dos (2) DesvEst} < LBE_n < LBE_n - \text{dos (2) DesvEst} \quad (4)$$

Donde,

$$\text{DesvEst} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N |x - \mu|^2}{N}} \quad (5)$$

DesvEst = Desviación estándar.
 X = es un valor del conjunto de datos de consumo energético.

⁵ Otra opción es utilizar la función estadística de Excel DESVESTA.

μ = media (promedio) del conjunto de datos de consumo energético.
 N = número de datos de consumo energético.

7.5.2. A partir del modelo de cociente de valores medido o relación simple

Es necesario tener en cuenta el periodo base de la información que se recopila para el consumo energético y la variable relevante que determina dicho consumo. Así, se sugiere tener al menos tres valores del cociente de valores medido para el mismo mes de consumo, siempre y cuando las características arquitectónicas, de uso, o de infraestructura energética de la edificación no hayan sufrido variación. En caso contrario, se tomará como cociente de valores medido la información en el periodo que se tome seleccione como base de consumo energético de referencia.

La LBE_n se debe calcular de forma mensual a partir del promedio simple de los cocientes de valores medidos mensuales conocidos, así:

$$LBE_{n_m} = \frac{\sum_{i=1}^m \text{cociente de valores medido}_i}{m} \quad (6)$$

Donde,

LBE_n = Línea base de consumo energético para el mes m.

Cociente de valores medidos = cantidad de energía consumida por unidad de la variable relevante en el mes i.

m = número de meses.

De esta forma se deben obtener 12 valores promedio para el cociente de valores medido que corresponden a los 12 periodos mensuales del año.

Se sugiere realizar una verificación de los resultados del modelo obtenidos, estableciendo el intervalo de confianza de los datos. Para ello, se define un límite superior como el promedio de simple de los cocientes de valores medido obtenidos más un 10%, y un límite inferior como el promedio de simple de cocientes de valores medido obtenidos menos un 10%, así:

$$\text{Intervalo de confianza} = LBE_{n_m} * 1,1 < LBE_{n_m} < LBE_{n_m} * 0,9 \quad (7)$$

Se deberá eliminar de la base de información de cocientes de valores medido inicial aquellos valores que estén por fuera del intervalo de confianza. Una vez depurada la base de información de cocientes de valores medidos, se debe calcular la LBE_n de acuerdo con la ecuación 6. Los valores obtenidos luego de la verificación del modelo, se constituyen en la línea base de consumo energético, LBE_n.

En caso de contar con un número significativo de datos de consumo energético mensual, por ejemplo 10 o más, se sugiere establecer el intervalo de confianza de acuerdo con lo presentado en las ecuaciones 4 y 5.

7.5.3. A partir del modelo estadístico

Es necesario tener en cuenta el periodo base de la información que se recopila para el consumo energético y determinar las variables relevantes que influyen en el consumo de energía de la edificación. Para aplicar este modelo se sugiere hacer uso de una hoja de cálculo en Excel.

En Excel, es necesario crear una tabla de información la cual debe tener la siguiente estructura: En las filas, cada uno de los periodos de consumo energético (mes); en las columnas, la variable dependiente (consumo mensual de energía normalizado), y la información mensual de la o las variables independientes (variables relevantes, tales como grados días de enfriamiento, ocupación (número de personas), etc.).

Para ser uso del modelo de regresión lineal a través de la herramienta Excel debe habilitar la opción de complementos *Herramientas para análisis*⁶. Una vez cuente con la función de Análisis de Datos disponible, debe seleccionar la opción regresión, definiendo como rango Y de entrada los datos de la columna que corresponde a la variable dependiente, y como rango X de entrada, los datos de la o las columnas que corresponden a la o las variables independientes. Se sugiere correr el modelo para un nivel de confianza del 95%.

Los resultados del modelo presentarán la siguiente estructura:

Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	
Coeficiente de determinación R ²	
R ² ajustado	
Error típico	
<i>Observaciones</i>	

ANÁLISIS DE VARIANZA	
----------------------	--

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión					
Residuos					
Total					

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
Intercepción				
Variable X 1				
Variable X 2				

El resultado del modelo será una ecuación de línea base de consumo energético cuyos valores están presentados en el último cuadro y corresponde a la siguiente estructura:

$$\text{Consumo energético} = \sum_{i=1}^n (\text{coeficiente de la variable } X_n * X_n) + (\text{coeficiente de la intercepción}) \quad (8)$$

Donde:

X_n= n-ésima variable relevante que influye en el valor del consumo energético de la edificación.

Coeficiente de la variable X_n = Es la pendiente de la ecuación y representa la tasa de cambio que tendrá el consumo energético ante una unidad de cambio en la variable relevante. Si el resultado es positivo significa que el consumo energético se incrementa al hacerse mayor la variable relevante. Por el contrario, si el resultado es negativo significa que el consumo energético se disminuirá al hacerse mayor la variable relevante.

Coeficiente de la intercepción = Corresponde al valor promedio que tomará el consumo energético cuando la variable relevante tiene un valor de cero (0).

Sin embargo, es preciso realizar un análisis más detallado de los resultados del modelo de regresión. Para ello se debe observar cual es el resultado de la columna *Probabilidad* para cada una de las variables independientes. Si el valor presentado es mayor a 0.05, se

⁶ A través de un buscador en internet puede revisar como habilitar el complemento Excel de "Herramientas para análisis".

considera que dicha variable no produce cambios significativos⁷ en los consumos de energía por lo que resulta adecuado correr nuevamente el modelo estadístico sin tener en cuenta la variable que no produce cambios significativos en la variable dependiente. La ecuación de la línea base de consumo energético será aquella que resulta de correr el modelo de regresión lineal sin considerar las variables no significativas.

Otro parámetro estadístico que caracteriza el modelo estadístico es el coeficiente de determinación R^2 , el cual puede tener valores entre 0 y 1, siendo en cierto sentido una medida de la dispersión de los datos a ambos lados de la recta que los explica. Un R^2 igual a 1, significa que todos los datos están sobre la línea recta, luego el 100% de las variaciones del consumo de energía se deben a variaciones de la variable relevante. Los valores cercanos a 1, implican mucha influencia de la variable relevante sobre el consumo de energía, y por tanto poco potencial de ahorro por el control operacional de estas variables. Por ejemplo, un valor de R^2 da 0,2492, lo que significa que el 24.92% de las variaciones del consumo de energía se deben a variaciones de la variable relevante. Que el R^2 de un valor bajo no quiere decir que el modelo no sirva (esto está definido por el P-value), representa la influencia de los parámetros operacionales y de mantenimiento sobre la variación en el consumo, y por tanto el potencial de ahorro a partir de criterios operacionales y de mantenimiento.

7.6 Ajustar o Actualizar la Línea Base de Consumo Energético

Una vez obtenida la LBE, se inicia el proceso de mejoramiento de la misma, se debe tener en cuenta que existe un periodo base (en el cual se establece) y un periodo de reporte (o de utilización). Es normal que ocurran cambios en el consumo de energía debido a diferentes factores dentro del periodo de reporte, algunos temporales y otros incluso de manera permanente, lo cual plantea propósitos y enfoques ligeramente diferentes entre los términos Ajuste o Actualización. Actualizar la línea base energética implica generar una nueva LBE debido a que la anterior pierde su capacidad de explicar el comportamiento del consumo energético; mientras que Ajustar implica realizar modificaciones específicas en la línea base existente para que sea más precisa o útil en un contexto particular.

Entre las razones para Actualizar la LBE se tienen:

- a. Cambios en la infraestructura energética: Si la organización ha realizado mejoras en sus sistemas de energía, como la instalación de equipos más eficientes, actividades de mantenimiento mayor u overhaul, cambios arquitectónicos en el edificio, así como cambios en las fuentes de energía de las cuales hace uso la edificación.
- b. Cambios en el uso o la ocupación del edificio: Si en la edificación han cambiado de manera permanente, la destinación de las áreas o instalaciones de la edificación, la población fija o flotante de acuerdo con las actividades desarrolladas en ella.
- c. Cambios en los parámetros de referencia para la construcción de la línea base: Si hay cambios en la forma de medición del consumo, cuando se cuenta con mejor información para desarrollar un mejor modelo de línea base, cuando cambia la distribución temporal de los datos (por ejemplo, pasar de datos mensuales a diarios), en resumen cuando hay cambios en las variables relevantes que determinan el desempeño energético de la edificación.

Por otra parte, se hacen ajustes a la línea base energética cuando se tienen cambios en las condiciones que pueden afectar el consumo de energía dentro del límite de medición (normalmente toda la edificación). Estos cambios pueden incluir:

- a. Cambios en las operaciones del edificio: Los cambios en las operaciones del edificio también pueden afectar el consumo de energía. Por ejemplo, un edificio puede consumir más energía si se realizan cambios en el mantenimiento o en los procedimientos operativos.

⁷ También se suele referir que un valor p-value alto (> 0.05) sugiere falta de evidencia estadística de una relación significativa entre la variable independiente y la variable dependiente.

- b. Cambios en el uso o la ocupación del edificio: De acuerdo con la actividad desarrollada en el edificio, los cambios en su ocupación pueden generar cambios en el consumo de energía de manera temporal. Igualmente, el uso del edificio también puede afectar temporalmente el consumo de energía ya que un edificio puede consumir más energía si se utiliza más a menudo o si se utilizan equipos más potentes.

7.6.1. Actualización de la línea de base energética

La actualización de la línea base energética se hace cuando la anterior línea establecida pierde su capacidad para representar el desempeño energético de la edificación. Esto implica repetir el proceso desde la definición del periodo base debido a que una de las razones para esta actualización puede ser el cambio de periodo de medición (como puede ser de mensual a diario), y una nueva definición de modelo (de ser necesario) y variables significativas si también se requiere.

Algunos ejemplos de esta actualización pueden ser:

- Cambio del registro de consumos de energía de registro de facturación mensual a un registro diario de consumos de energía por instalación de medidores y sistemas de adquisición de datos.
- Cambio de modelo de línea base de valor absoluto a cociente por registro de variable de actividad que afectan el consumo energético.
- Cambio de modelo de línea base de valor absoluto o cociente a modelo estadístico por disponibilidad de registro de variables de actividad.
- Cambio de modelo de línea base de modelo estadístico a otro modelo estadístico con diferente variable o de mejor correlación.
- Cambio permanente en la infraestructura de la edificación por remodelación.
- Cambio en las actividades de la edificación por fusión de oficinas o de personal entre dependencias.

7.6.2. Ajustes de la línea de base energética

Los ajustes a la línea base energética se pueden realizar utilizando un método de ajuste rutinario o un método de ajuste no rutinario.

Los ajustes rutinarios consideran los cambios en las variables que afectan el consumo de energía dentro de la Frontera de Medición (normalmente la edificación). Estos ajustes se incluyen de diferente manera de acuerdo con el modelo de línea base utilizado. Para los modelos de valor absoluto y de cociente, estos ajustes rutinarios se incluyen para cuantificar de una mejor manera los ahorros energéticos, considerando una condición de operación posterior con cambios en variables climáticas, de ocupación o de operación que afecten el consumo de energía y que, no se consideraron durante la construcción de la línea base.

Estos ajustes rutinarios se pueden calcular utilizando valores constantes, proporciones, o correlaciones entre las variables que afectan el consumo de energía para cuantificar los efectos de los cambios referidos. Ejemplos de situaciones que hacen necesarios estos ajustes son:

- Cambios significativos en condiciones climáticas durante intervalos de tiempo, que aumentan las horas de funcionamiento de aires acondicionados.
- Cambios en número de usuarios atendidos en la entidad por mejoras en sistemas de información o trámites.
- Aumento de ocupación por cambios en protocolos de atención
- Disminución de personal trabajando de manera presencial

Para los casos donde se utilice un modelo de línea base de valor absoluto o de cociente, estos ajustes rutinarios se deben hacer cuando se tienen diferentes condiciones entre los períodos donde se mide el consumo de energía, por ejemplo, variaciones que se implementaron durante los periodos de medición o recolección de datos.

Para los casos donde se tengan modelos de regresión para la construcción de la línea base, cualquier cambio rutinario de las variables o parámetros que afectan el consumo energético durante el periodo de reporte se refleja automáticamente en el valor de este consumo, por lo tanto, los ajustes rutinarios de la línea de base se incluyen automáticamente en el valor de la energía. En otras palabras, en el cálculo de los ahorros de energía ya se ha considerado cualquier cambio que se espere en las variables y parámetros cuando se tiene un modelo estadístico. Por lo tanto, no es necesario realizar un ajuste adicional a la línea de base energética.

Los ajustes no rutinarios consideran los efectos de cambios en los Factores Estáticos dentro de la Frontera de Medición en el consumo de energía, es decir, los cambios en las condiciones que no se esperan que se mantengan en el tiempo (tamaño de la instalación, diseño u operación de los equipos, el número de semanas de producción o labor). Estos ajustes se pueden realizar realizando mediciones adicionales o utilizando un análisis de ingeniería y deben ser monitoreados para reportar cualquier cambio durante el periodo de reporte. Ejemplos de situaciones que hacen necesario este tipo de ajuste son:

- Remodelación de un piso de una edificación durante 3 meses, lo que hace que parte de las cargas de iluminación o climatización no funcionen por ese tiempo.
- Situaciones de mantenimiento correctivos de equipos no programados
- Situaciones anormales como huelgas, paros, manifestaciones, bloqueos, etc., que impidan el uso habitual de la edificación durante un intervalo de tiempo.
- Se opta por subcontratar procesos, con el consecuente incremento de la rentabilidad y una reducción del consumo de energía al interior de la instalación.

Al incluir estos ajustes, los ahorros de energía se pueden expresar de la siguiente forma:

$$Ahorros_{\text{modelo absoluto, cociente}} = (E_{\text{base}} - E_{\text{reporte}}) \pm \text{ajustes rutinarios} \pm \text{ajustes no rutinarios} \quad (12)$$

$$Ahorros_{\text{modelo estadístico}} = (E_{\text{base}} - E_{\text{reporte}}) \pm \text{ajustes no rutinarios} \quad (13)$$

Para un correcto ajuste de la línea base, es importante utilizar un método apropiado para el tipo de cambios que se esperan en las condiciones de la instalación. Igualmente, se debe realizar un análisis completo de los datos del consumo de energía para identificar todos los cambios que puedan afectar este consumo. Finalmente, los ajustes realizados a la línea base energética deben ser documentados para que los ahorros energéticos puedan ser verificados y validados.

A menudo, definir un ajuste no rutinario y sus efectos sobre el consumo de energía no es algo sencillo dada la falta de claridad sobre su definición y maneras de cuantificar sus efectos.

8. ESTIMAR POTENCIALES DE AHORRO ENERGÉTICO

Para estimar los potenciales de ahorro energético se deben considerar los siguientes aspectos:

- Identificar el mejor desempeño energético: Para cada mes de análisis dentro del periodo base, el consumo energético que estuvo por debajo del consumo que entrega la LBE.
- Identificar oportunidades de mejora: Estas medidas pueden ser implementadas y/o adoptadas a través de buenas prácticas operacionales o de comportamiento energético (BPO), medidas pasivas, y por sustitución o reconversión tecnológica de equipamiento.

8.1. Mejor desempeño energético

Cuando se hace uso de los modelos de valor absoluto de energía o el de cociente de valores medido, el potencial de ahorro energético en el primer caso se realiza como la diferencia entre valor mínimo de los consumos energéticos mensuales reales y conocidos, y aquel que resulta de la LBE_n para el mismo periodo, así:

$$\text{Potencial de ahorro en el mes } m = \text{mínimo de los consumos reales de energía del mes } m - \text{valor del consumo en } m \text{ según LBE}_n \quad (9)$$

Para obtener el potencial de ahorro por mejor desempeño energético cuando se hace uso del modelo estadístico, se debe determinar primero la diferencia entre el valor de consumo energía real o conocido y el valor consumo de la LBE_n, así:

$$\text{Diferencia en el mes } m = \text{valor real del consumos de energía del mes } m - \text{valor del consumo en } m \text{ según LBE}_n \quad (10)$$

Aquellos resultados donde la diferencia en el mes *m* es negativa representan el mejor desempeño energético. A continuación, se debe realizar un gráfico de correlación en Excel entre el consumo de energía que corresponde a los mejores desempeños energéticos y la variable relevante. Con la función línea de tendencia de Excel se halla la ecuación del modelo de consumo de los mejores desempeños energéticos del año y se calcula para cada mes el valor del consumo de energía según el modelo de mejores desempeños energéticos de acuerdo con el valor de la variable relevante.

El potencial de ahorro mensual se obtiene de la diferencia entre el valor del consumo de la LBE_n y el valor del consumo de los mejores desempeños energéticos, así:

$$\text{Potencial de ahorro en el mes } m = \text{valor del consumo en } m \text{ según LBE}_n - \text{valor del consumo en } m \text{ según modelo de mejores desempeños energéticos} \quad (11)$$

Finalmente, el potencial de ahorro puede ser expresado como un valor porcentual a través de la siguiente relación:

$$\% \text{Ahorro} = \frac{\text{Potencial de ahorro en el mes } m}{\text{valor del consumo en } m \text{ según LBE}_n} \quad (12)$$

8.2. Oportunidades de mejora

Una vez caracterizada energéticamente la institución, y como resultado de la auditoría energética que realice la edificación, se identifican cuáles serán las oportunidades de mejora asociadas a medidas de eficiencia energética que se implementarán con el propósito de reducir el consumo de energía y el gasto asociado con este consumo. A continuación, se presenta una clasificación de las medidas de Eficiencia Energética (EE): buenas prácticas operacionales, medidas pasivas y reconversión tecnológica. Ahora bien, dadas las condiciones especiales del país en cuanto a orografía y clima, es de esperar que las medidas pasivas y activas sean diferentes en cada zona climática y tengan diferente impacto.

8.2.1. Buenas prácticas operacionales

Las buenas prácticas son acciones orientadas a mejorar los hábitos del uso de los equipos de consumo energético. Estas prácticas tienen bajos costos de inversión y se pueden implementar de manera independiente a la actualización tecnológica y las adecuaciones arquitectónicas, con el fin de reducir los consumos de energía y mejorar las condiciones del entorno en el interior de una edificación.

Aquí hay algunas recomendaciones de buenas prácticas relativamente sencillas de implementar y pueden contribuir de manera significativa a la reducción del consumo de energía en una edificación, al tiempo que mejoran la comodidad y reducen los costos operativos:

1. Apagar luces y equipos cuando no estén en uso: Esto incluye apagar las luces en espacios no ocupados, desconectar dispositivos electrónicos y electrodomésticos

cuando no estén en uso y apagar equipos de cómputo y monitores al final del día de trabajo.

2. Utilizar termostatos con sensibilidad a la temperatura: Ajusta la temperatura de calefacción y refrigeración de acuerdo con las necesidades, así como utilizar termostatos programables para evitar el sobrecalentamiento o enfriamiento excesivo.
3. Evitar corrientes de aire: Cerrar puertas y ventanas cuando el sistema de calefacción o refrigeración esté encendido para evitar la pérdida de calor o frío.
4. Mantenimiento regular: Asegurar el mantenimiento adecuado y periódico de los sistemas de calefacción, refrigeración y ventilación, según las recomendaciones del fabricante.
5. Electrónica de bajo consumo: Elegir dispositivos electrónicos y electrodomésticos de bajo consumo energético. Apagar completamente los dispositivos en lugar de dejarlos en modo de espera.
6. Compartir información y educación: Fomentar la concienciación entre los ocupantes de la edificación sobre la importancia de la eficiencia energética y la adopción de buenas prácticas.
7. Programas de gestión energética.
8. Aislamiento de puertas y ventanas: Asegurar que las puertas y ventanas estén bien selladas para evitar fugas de aire.
9. Programación y temporización: Utilizar temporizadores y programadores para encender y apagar luces y equipos automáticamente cuando sea necesario.

8.2.2. Medidas pasivas

Las medidas de eficiencia energética de carácter pasivo relacionan el diseño arquitectónico o arquitectura bioclimática de la edificación con el aprovechamiento de las condiciones ambientales del entorno; esto permite maximizar el uso del control térmico, ventilación e iluminación naturales para crear las condiciones de confort de sus ocupantes sin el uso de sistemas mecánicos o eléctricos. Están divididos en tres grupos principalmente:

1. Iluminación: luz de día, reduce el consumo de energía debido a la iluminación. Si se usa bien también puede reducir la carga de enfriamiento de la edificación.
2. Envoltente: se refiere a la superficie envolvente, "membrana" o "piel" de la construcción que se encuentra en contacto con el aire exterior. Los diseños deben apuntar a aumentar la resistencia de la envolvente a las condiciones externas (temperatura y humedad). Esto se puede lograr balanceando las áreas opacas y vidriadas, aumentando los niveles de aislamiento térmico y reduciendo el área de fachada, reduciendo infiltración, aumentando la masa térmica y el control solar, Rehabilitando cubiertas con el aislamiento térmico por el exterior y/o el interior.
3. Ventilación: esto incluye ventilación cruzada y ventilación para enfriamiento pasivo.

De acuerdo con la zona climática se pueden considerar:

Medidas pasivas de una edificación de clima frío:

- La fachada principal de una edificación en clima frío debería estar orientada hacia el oriente/occidente, para optimizar la captación de luz y energía solar.
- La envolvente debería constar de grandes ventanas o aperturas en techos como claraboyas para permitir la ganancia de calor solar e iluminación natural.
- Para evitar el deslumbramiento en sitios de trabajo se usan las persianas o cortinas translúcidas, con el fin de atenuar la iluminación sin evitar la entrada de calor en la mañana y bloqueándola en las horas de la tarde.
- La vestimenta abrigada es la indicada para el clima ambiente.
- Los pisos y los techos deberían ser de materiales con bajo coeficiente de transferencia de calor para evitar la pérdida del calor ganado por las ventanas.

Medidas pasivas de una edificación de clima templado:

- La fachada principal de una edificación debería estar orientada hacia el sur o al norte, para recibir luz solar desde el sur entre septiembre y marzo (sur) o entre abril y agosto (norte).
- Maximizar la iluminación natural, sin que ingrese demasiada radiación solar y aumente la temperatura interior.
- En la fachada se recomienda pinturas claras y reflectivas, vidrios de baja emisividad y cortinas o persianas especiales que permitan el control del deslumbramiento para las oficinas, centros educativos y hospitales.
- En los centros educativos se recomienda ventilación natural

Medidas pasivas de una edificación de clima cálido seco:

- La fachada principal debería estar orientada hacia el norte o al sur, para recibir luz y energía solar desde el norte entre abril y agosto, y desde el sur, entre septiembre y marzo.
- Se debe permitir la ganancia de iluminación natural indirecta evitando la entrada de radiación que pueda aumentar la temperatura interior.
- En edificios de oficinas no se recomiendan altas relaciones de ventana pared, máximo 30 a 40%.
- El suelo y techo debería ser de materiales con bajo coeficiente de transferencia de calor para evitar la ganancia de calor del ambiente.
- Se recomienda en la fachada y techos pintura blanca y reflectiva, además de aislamientos térmicos en techos y muros, vidrios de baja emisividad y aleros, parales o parasoles para sombrear las ventanas y no permitir el ingreso de radiación solar directa.
- Si las ventanas son amplias, se recomiendan cortinas especiales que permitan el control del deslumbramiento en horas de la salida y puesta del sol.
- En los centros educativos se recomienda aumentar la altura piso-techo y aprovechar las corrientes de viento para la ventilación cruzada o ventilación natural.

Medidas pasivas de una edificación de clima cálido húmedo:

- La fachada principal debería estar orientada hacia el norte o al sur, para recibir luz y energía solar desde el norte entre abril y agosto y desde el sur, entre septiembre y marzo.
- Se debe permitir la ganancia de iluminación natural indirecta evitando la entrada de radiación.
- El suelo y techo deben ser de materiales con bajo coeficiente de transferencia de calor para evitar la ganancia de calor ambiente.
- En edificios de oficinas no se recomiendan altas relaciones de ventana pared, máximo 30 a 40%.
- Se recomienda en la fachada y techos, pintura blanca y reflectiva.
- Aislamientos térmicos en techos y muros, doble o triple vidrio de baja emisividad, y aleros, parales o parasoles para sombrear las ventanas y no permitir el ingreso de radiación solar directa, además de cortinas o películas especiales que permitan el control del deslumbramiento.
- En los centros educativos se recomienda aumentar la altura piso-techo.

8.2.3. Reconversión tecnológica de equipamiento

Cuando no son suficientes las medidas pasivas para lograr el confort, se requieren medidas activas complementarias para la iluminación, la ventilación, y la climatización. La operación de los equipos complementarios y los de trabajo (ofimáticos, bombas, ascensores, etc.) debe consumir la menor cantidad de energía posible, es decir, deben ser eficientes.

Entre las medidas activas se pueden mencionar:

1. Renovación de equipos de fuerza motriz: Adquisición de motores y variadores de alta eficiencia.
2. Renovación de equipos de uso final de refrigeración y/o aire acondicionado: Adquisición de equipos de refrigeración y compresores. Adquisición de equipos de control y automatización de refrigeradores.
3. Renovación de sistemas de calefacción y/o calderas.
4. Adquisición de iluminación eficiente: Adquisición de luminarias LED.
5. Climatización: Adquisición de sistemas de aire acondicionado eficientes.

9. INFORMACIÓN A REPORTAR A LA UPME ASOCIADO A DETERMINACIÓN DE LBEN Y ESTIMACIÓN DE POTENCIALES DE AHORRO

Una vez se han calculado la LBEn y el ahorro estimado, cada edificio deberá reportar a la UPME la siguiente información:

9.1. A nivel general

- Área útil ocupada (metros cuadrados) que está asociada al consumo de energía.
- Fuentes de energía utilizadas.
- Equipos y/o sistemas que utilicen fuentes energéticas
- Ocupantes (población fija y flotante)
- Actividades y/o operaciones que se desarrollen dentro del edificio.

9.2. Del modelo de valor absoluto de energía

- Periodo base.
- Valor del consumo mensual de energía de la LBEn n el periodo base.
- Valor de la desviación estándar de todos los datos utilizados independientemente del periodo base
- Ahorro estimado por mes en energía y porcentaje.

9.3. Cociente de los valores medidos o relación simple

- Periodo base.
- Variables utilizadas para determinar el cociente
- Valor del consumo mensual de energía de la LBEn n el periodo base.
- Valor de la desviación estándar de todos los datos utilizados independientemente del periodo base
- Ahorro estimado por mes en energía y porcentaje.

9.4. Modelo Estadístico

- Periodo base.
- Variables relevantes utilizadas para la ecuación de la LBEn
- Ecuación de la LBEn:
- Estadísticos de la ecuación de la LBEn: R^2 , Energía máxima, Energía Mínima y promedio, P-value de las variables relevantes
- Valor del consumo mensual de energía de la LBEn en el periodo base.
- Valor de la desviación estándar de todos los datos utilizados independientemente del periodo base
- Ahorro estimado por mes en energía y porcentaje.

10. REPORTE DE INFORMACIÓN A LA UPME

La UPME establecerá en circular posterior el mecanismo para el reporte de información por parte de las administraciones públicas. Este mecanismo de reporte debe permitir la consolidación y el análisis de la información suministrada, a fin de generar parámetros importantes en el desarrollo de planes o políticas públicas para el mejoramiento del desempeño energético y la reducción de la huella de carbono en el sector público

De igual forma, se establecerá la información a reportar sobre los resultados alcanzados a partir de la implementación de medidas de eficiencia energética.

ANEXO

Metodología de la línea base de consumo y el ahorro estimado, la cual deberá ser atendida por las entidades en la elaboración e implementación de sus medidas para dar cumplimiento a lo establecido en el artículo 237 de la Ley 2294 de 2023”

BIBLIOGRAFÍA

Castrillón, Rosaura (2021). Herramientas de gestión energética para el desarrollo sostenible en edificios aplicado a un campus universitario en Colombia (Tesis de doctorado). Universidad de Valladolid, Valladolid (España)

ISO. (2018). ISO 50001: Sistemas de gestión de la energía – Requisitos con orientación para su uso. Ginebra, Suiza: ISO.

ISO. (2014). ISO 50002: Auditorías Energéticas Requisitos con Orientación para su Uso. Ginebra, Suiza: ISO.

ISO. (2014). ISO 50006: Sistemas de Gestión de la Energía. Medición del Desempeño Energético Usando Líneas Base Energéticas (LBEn) e Indicadores de Desempeño Energético (IDEn). Principios Generales y Orientación. Ginebra, Suiza: ISO.

UPME (2018). “Primer balance de energía útil para Colombia y cuantificación de las pérdidas energéticas relacionadas y la brecha de eficiencia energética”. Disponible en: [https://www1.upme.gov.co/Hemeroteca/Paginas/estudio-primer-balance-energia-util-para Colombia.aspx](https://www1.upme.gov.co/Hemeroteca/Paginas/estudio-primer-balance-energia-util-para-Colombia.aspx)

UPME (2020). “Guía de Planes de Gestión Eficiente de la Energía para Entidades Públicas”. Disponible en: [https://www1.upme.gov.co/Hemeroteca/Paginas/estudio-primer-balance-energia-util-para Colombia.aspx](https://www1.upme.gov.co/Hemeroteca/Paginas/estudio-primer-balance-energia-util-para-Colombia.aspx)

UPME (2022). “Informe de impacto Programa de Evaluación Industrial PEVI”. Disponible en: https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Informe_PEVI_final.pdf

ANEXO

Metodología de la línea base de consumo y el ahorro estimado, la cual deberá ser atendida por las entidades en la elaboración e implementación de sus medidas para dar cumplimiento a lo establecido en el artículo 237 de la Ley 2294 de 2023”

Anexo 1 - EJEMPLO DE DETERMINACIÓN DE LÍNEA BASE ENERGÉTICA Y CÁLCULO DE AHORROS CON MODELO DE VALOR ABSOLUTO DE ENERGÍA

En una alcaldía municipal con área construida de 2.458 m², distribuidos en un sótano y 4 pisos de oficinas, se desea determinar la línea base energética y el ahorro estimado por mejora en hábitos de uso de la energía (mejor desempeño), teniendo en cuenta el procedimiento referido en los capítulos 7 y 8 de la metodología.

Paso 1. SOLICITUD DE INFORMACIÓN

Se cuenta con facturas de consumo de energía mensual de los últimos 3 años.

Paso 2. DEFINIR EL PERIODO BASE

Para determinar el periodo base se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- Disponibilidad de información.
- La ocupación del edificio no estuvo afectada por causas extraordinarias en ningún mes, es decir el consumo energético de la factura corresponde a las condiciones habituales de ocupación.
- No existieron cambios en la tecnología de los usos significativos de energía de la edificación que pudieran afectar significativamente su demanda típica de energía.
- El registro de consumo de energía en la factura del servicio es considerado como valores medidos y no corresponde a promedio.
- No existieron períodos prolongados de tiempo donde por problemas de mantenimiento u otro tipo no funcionaron usos significativos de energía como: sistemas de climatización, elevadores, sistemas de bombeo de agua, grandes áreas de iluminación;
- No existieron modificaciones estructurales que cambiarán significativamente la carga térmica del edificio;
- No se instalaron en el periodo del año sistemas o fuentes no convencionales de generación de energía (solar FV o eólicos).

Una vez revisados los aspectos anteriores se determinó tomar como período base para elaborar la LBE_n de la edificación, según la disponibilidad de los datos, la información de consumo de energía mensual de los últimos 3 años (36 datos).

Paso 3. DETERMINAR LAS VARIABLES RELEVANTES QUE INFLUYEN EN EL CONSUMO DE LA ENERGÍA

Las variables relevantes que influyen en el consumo de energía de una edificación de este tipo son: grados día de temperatura, índice de ocupación o m² ocupados, cantidad de personas que ocupan el edificio. Para el caso del ejemplo, se supone que la administración no dispone de registros de ocupación ni grados de temperatura. Dado que la mejor información disponible corresponde al consumo energético mensual dado por la factura del servicio, sólo es posible utilizar el modelo de valor absoluto de energía para determinar la LBE_n.

Paso 4. SELECCIÓN DEL MODELO DE LA LÍNEA DE BASE ENERGÉTICA

En este caso se desarrollará un modelo de valor absoluto para la LBE_n, el cual corresponde a datos históricos de consumo de energía para cada mes del año. Teniendo en cuenta la información recopilada (36 datos de consumo de energía mensual) se organiza por filas la información de consumo correspondiente a cada mes del año; es decir, en la primera fila van

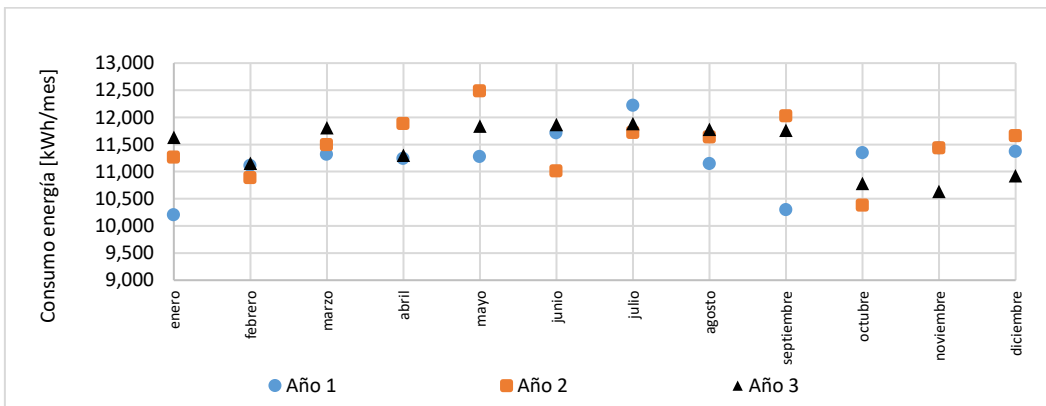
los 3 datos del consumo de cada periodo mensual correspondientes a los años 1, 2 y 3. Esto se hace con el fin de visualizar el comportamiento del consumo de energía mes a mes, y determinar tendencias asociadas a cada período del año.

Es posible que algunas edificaciones presenten consumos mayores o menores específicamente en ciertos meses asociados a incremento en volumen de procesos con atención al público (ej. meses de recaudo de impuestos), vacaciones colectivas, entre otros. Estos períodos deberán analizarse de manera diferente, ya que, si no se repiten en los mismos meses del año, puede ser necesario realizar ajustes de tipo no rutinario. La siguiente tabla muestra un ejemplo de la organización de la información en un edificio de administración pública para los tres últimos años, a fin de establecer un modelo de LBEN de valor absoluto.

Consumo de energía normalizado [kWh/mes]			
Mes	Año		
	Año 1	Año 2	Año 3
enero	10.204	11.264	11.635
febrero	11.112	10.886	11.158
marzo	11.318	11.496	11.810
abril	11.242	11.883	11.306
mayo	11.277	12.486	11.839
junio	11.715	11.009	11.870
julio	12.219	11.719	11.891
agosto	11.146	11.637	11.784
septiembre	10.300	12.028	11.765
octubre	11.348	10.383	10.783
noviembre	11.434	11.435	10.639
diciembre	11.374	11.662	10.927
Promedio Anual	11.224	11.491	11.451

Paso 5. CONSTRUCCIÓN DE LÍNEA BASE ENERGÉTICA

Como primer paso, se grafica el comportamiento mensual en cada uno de los años reportados de la siguiente manera:



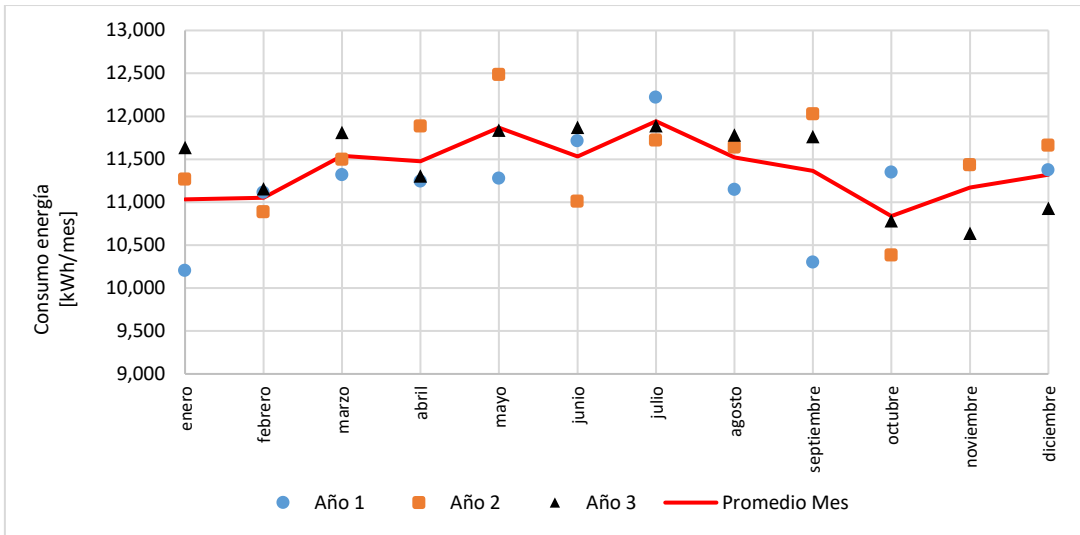
La gráfica anterior permite visualizar el comportamiento del consumo mensual y las tendencias en diferentes períodos del año. En el caso presentado, se observa que el consumo en los meses de octubre, noviembre, diciembre y enero tiende a ser menor. Esta tendencia puede tener una explicación a factores mencionados anteriormente.

Mes	Año			Promedio
	Año 1	Año 2	Año 3	
enero	10.204	11.264	11.635	11.034
febrero	11.112	10.886	11.158	11.052
marzo	11.318	11.496	11.810	11.541
abril	11.242	11.883	11.306	11.477
mayo	11.277	12.486	11.839	11.867
junio	11.715	11.009	11.870	11.531
julio	12.219	11.719	11.891	11.943
agosto	11.146	11.637	11.784	11.522
septiembre	10.300	12.028	11.765	11.364

octubre	11.348	10.383	10.783	10.838
noviembre	11.434	11.435	10.639	11.169
diciembre	11.374	11.662	10.927	11.321

El promedio mes referido en la tabla anterior, se construye a partir de la ecuación dos (2) presentada en el numeral 8.5.1. del documento de la metodología.

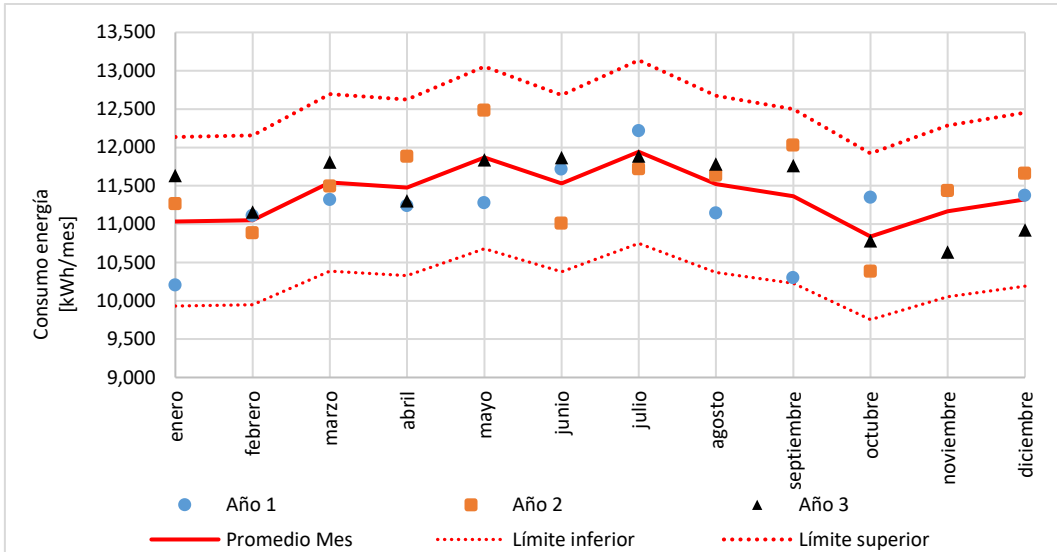
Teniendo en cuenta lo anterior, se construye la línea base a partir de los datos promedio de cada mes (para años diferentes) durante el periodo base. A continuación, se presenta la línea base promedio mensual



Para verificar el modelo de la línea base energética, se define un intervalo de confianza a partir del consumo mensual promedio. Se define como límite superior el 110% del consumo promedio y el límite inferior con el 90% del consumo promedio, utilizando la ecuación tres (3) presentada en el numeral 8.5.1. del documento de la metodología, de la siguiente manera:

Mes	Año			Promedio mes	Límite superior	Límite inferior
	Año 1	Año 2	Año 3			
enero	10.204	11.264	11.635	11.034	12.138	9.931
febrero	11.112	10.886	11.158	11.052	12.157	9.947
marzo	11.318	11.496	11.810	11.541	12.696	10.387
abril	11.242	11.883	11.306	11.477	12.625	10.329
mayo	11.277	12.486	11.839	11.867	13.054	10.681
junio	11.715	11.009	11.870	11.531	12.685	10.378
julio	12.219	11.719	11.891	11.943	13.137	10.749
agosto	11.146	11.637	11.784	11.522	12.675	10.370
septiembre	10.300	12.028	11.765	11.364	12.501	10.228
octubre	11.348	10.383	10.783	10.838	11.922	9.754
noviembre	11.434	11.435	10.639	11.169	12.286	10.052
diciembre	11.374	11.662	10.927	11.321	12.453	10.189

A continuación, se visualizan las líneas promedio, límite máximo y mínimo del intervalo de confianza.



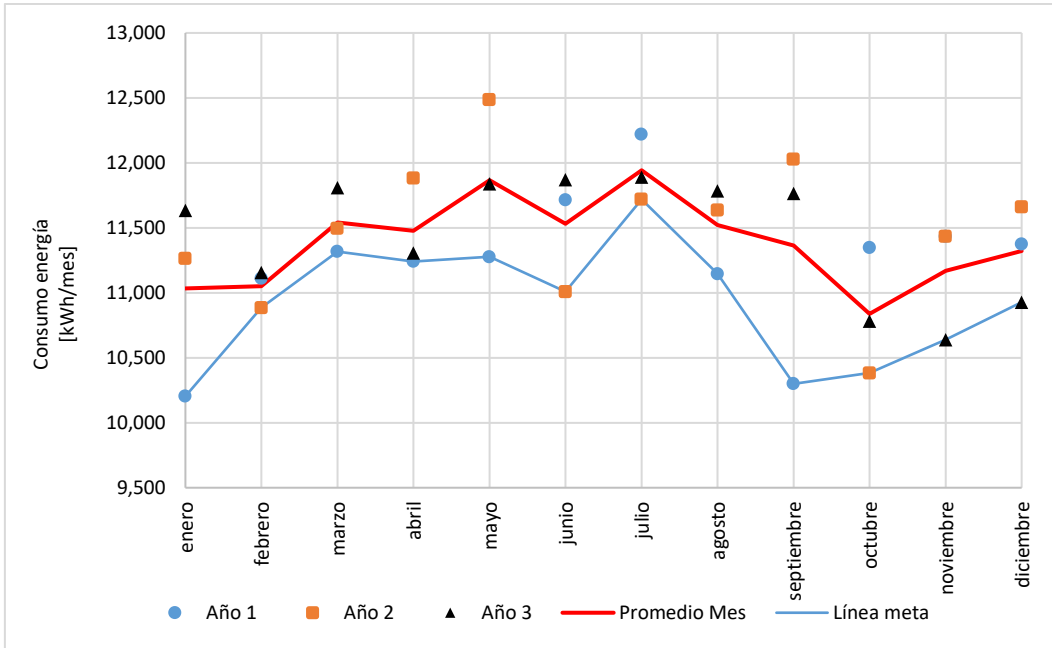
La verificación del modelo se hace a partir de la visualización de los datos del periodo base. Si los datos analizados se encuentran dentro del intervalo de confianza, los datos representan un dato significativo del consumo de la energía para cada mes. En este caso, cada uno de los tres puntos (año 1, año 2 y año 3) se encuentran dentro del límite de +/- 10% en el mes, por lo que los datos son representativos para la estimación del consumo.

Paso 6. ESTIMAR POTENCIALES DE AHORRO

Con el fin de determinar el mejor desempeño energético, se identifican los consumos mínimos de cada uno de los meses en el período analizado

Mes	Año			Promedio / mes	Mínimo
	Año 1	Año 2	Año 3		
enero	10.204	11.264	11.635	11.034	10.204
febrero	11.112	10.886	11.158	11.052	10.886
marzo	11.318	11.496	11.810	11.541	11.318
abril	11.242	11.883	11.306	11.477	11.242
mayo	11.277	12.486	11.839	11.867	11.277
junio	11.715	11.009	11.870	11.531	11.009
julio	12.219	11.719	11.891	11.943	11.719
agosto	11.146	11.637	11.784	11.522	11.146
septiembre	10.300	12.028	11.765	11.364	10.300
octubre	11.348	10.383	10.783	10.838	10.383
noviembre	11.434	11.435	10.639	11.169	10.639
diciembre	11.374	11.662	10.927	11.321	10.927

La siguiente figura muestra el promedio del mes como línea base y los valores mínimos mensuales como potenciales de ahorro por mejor desempeño energético.



Se observa que para cada mes en específico hay al menos un dato por debajo del promedio. Bajo las mismas condiciones de operación, la edificación puede reducir su consumo al periodo donde operó con mayor eficiencia de consumo. Con lo anterior, se determina como ahorro potencial para cada mes la diferencia entre en consumo promedio y el consumo mínimo y se determina el porcentaje de ahorro.

$$\text{Potencial de ahorro en el mes } m = \text{mínimo de los consumos reales de energía del mes } m - \text{valor del consumo en } m \text{ según LBEn}$$

A continuación, se presentan los ahorros potenciales estimados para cada uno de los meses.

Mes	Año			Promedio /mes	Mínimo	Ahorro	
	Año 1	Año 2	Año 3				
enero	10.204	11.264	11.635	11.034	10.204	830	7,5%
febrero	11.112	10.886	11.158	11.052	10.886	166	1,5%
marzo	11.318	11.496	11.810	11.541	11.318	223	1,9%
abril	11.242	11.883	11.306	11.477	11.242	235	2,0%
mayo	11.277	12.486	11.839	11.867	11.277	590	5,0%
junio	11.715	11.009	11.870	11.531	11.009	522	4,5%
julio	12.219	11.719	11.891	11.943	11.719	224	1,9%
agosto	11.146	11.637	11.784	11.522	11.146	376	3,3%
septiembre	10.300	12.028	11.765	11.364	10.300	1.064	9,4%
octubre	11.348	10.383	10.783	10.838	10.383	455	4,2%
noviembre	11.434	11.435	10.639	11.169	10.639	530	4,7%
diciembre	11.374	11.662	10.927	11.321	10.927	394	3,5%
Promedio x Año	11.224	11.491	11.451	11.388	10.921	468	4,1%

Paso 7. Identificar información a reportar a la UPME asociado a determinación de LBEn y estimación de potenciales de ahorro

Atributo	Descripción	Observaciones
Uso/destino del edificio	Alcaldía municipal	
Área útil	2.458 m ²	Un sótano, 4 pisos
Energéticos utilizados	Energía eléctrica	
Modelo de LBEn seleccionado	Valor absoluto de energía	
Periodo base	Tres años	Datos mensuales
Cantidad de datos iniciales	36	
Cantidad de datos finales	36	
LBEn	Valor promedio mes	Datos mensuales
Ahorro estimado	Valor mensual	En kWh y porcentaje %

Anexo 2 - EJEMPLO DE DETERMINACIÓN DE LÍNEA BASE ENERGÉTICA Y CÁLCULO DE AHORROS CON COCIENTE DE VALORES MEDIDO

En una alcaldía municipal con área construida de 2.458 m², distribuidos en un sótano y 4 pisos de oficinas, se desea determinar la línea base energética y el ahorro estimado por mejora en hábitos de uso de la energía (mejor desempeño), teniendo en cuenta el procedimiento referido en los capítulos 7 y 8 de la metodología.

Paso 1. TIPO DE SOLICITUD DE INFORMACIÓN

Se cuenta con el registro de consumo de energía mensual y el registro de personas atendidas por mes para los últimos 3 años.

Paso 2. DEFINIR EL PERIODO BASE

Para determinar el periodo base se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- Disponibilidad de información.
- La ocupación del edificio no estuvo afectada por causas extraordinarias en ningún mes, es decir el consumo energético de la factura corresponde a las condiciones habituales de ocupación.
- No existieron cambios en la tecnología de los usos significativos de energía de la edificación que pudieran afectar significativamente su demanda típica de energía.
- El registro de consumo de energía en la factura del servicio es considerado como valores medidos y no corresponde a promedio.
- No existieron períodos prolongados de tiempo donde por problemas de mantenimiento u otro tipo no funcionaron usos significativos de energía como: sistemas de climatización, elevadores, sistemas de bombeo de agua, grandes áreas de iluminación;
- No existieron modificaciones estructurales que cambiarán significativamente la carga térmica del edificio;
- No se instalaron en el periodo del año sistemas o fuentes no convencionales de generación de energía (solar FV o eólicos).

Una vez revisados los aspectos anteriores se determinó tomar como período base para elaborar la LBE de la edificación, según la disponibilidad de los datos, la información de consumo de energía mensual de los últimos 3 años (36 datos).

Paso 3. DETERMINAR LAS VARIABLES RELEVANTES QUE INFLUYEN EN EL CONSUMO DE LA ENERGÍA

Las variables relevantes que influyen en el consumo de energía de una edificación de este tipo son: grados día de temperatura, índice de ocupación o m² ocupados, cantidad de personas que ocupan el edificio. Para el caso del ejemplo, se supone que la administración dispone, además del consumo de energía mensual, con registros de usuarios atendidos por mes. Se supone que esta último es una variable relevante que determina el comportamiento del consumo de energía. Por lo anterior se utilizará el modelo de cociente de valores medidos o relación simple para determinar la LBE.

Periodo de facturación	Año 1		Año 2		Año 3	
	Consumo energía activa normalizado [kWh/mes]	Cantidad de usuarios/mes	Consumo energía activa normalizado [kWh/mes]	Cantidad de usuario/mes	Consumo energía activa normalizado [kWh/mes]	Cantidad de usuario/mes
enero	10.204	911	11.264	925	11.635	1.050
febrero	11.112	969	10.886	1.008	11.158	870
marzo	11.318	890	11.496	930	11.810	1.020
abril	11.242	1.041	11.883	1.019	11.306	1.110
mayo	11.277	993	12.486	1.061	11.839	900
junio	11.715	968	11.009	984	11.870	900
julio	12.219	1.045	11.719	987	11.891	1.080

agosto	11.146	984	11.637	940	11.784	930
septiembre	10.300	916	12.028	1.049	11.765	1.050
octubre	11.348	964	10.383	919	10.783	870
noviembre	11.434	1.048	11.435	1.016	10.639	840
diciembre	11.374	1.039	11.662	1.018	10.927	860

Paso 4. SELECCIÓN DEL MODELO DE LA LÍNEA DE BASE ENERGÉTICA

Se realizará como modelo de línea base el cociente, definiendo el indicador como el residuo entre el consumo de energía mensual y el número de personas atendidas cada mes, como lo define la siguiente ecuación:

$$\text{Cociente} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{persona}} \right] = \frac{\text{consumo energía activa normalizada [kWh/mes]}}{\text{Cantidad de personas atendidas por mes}}$$

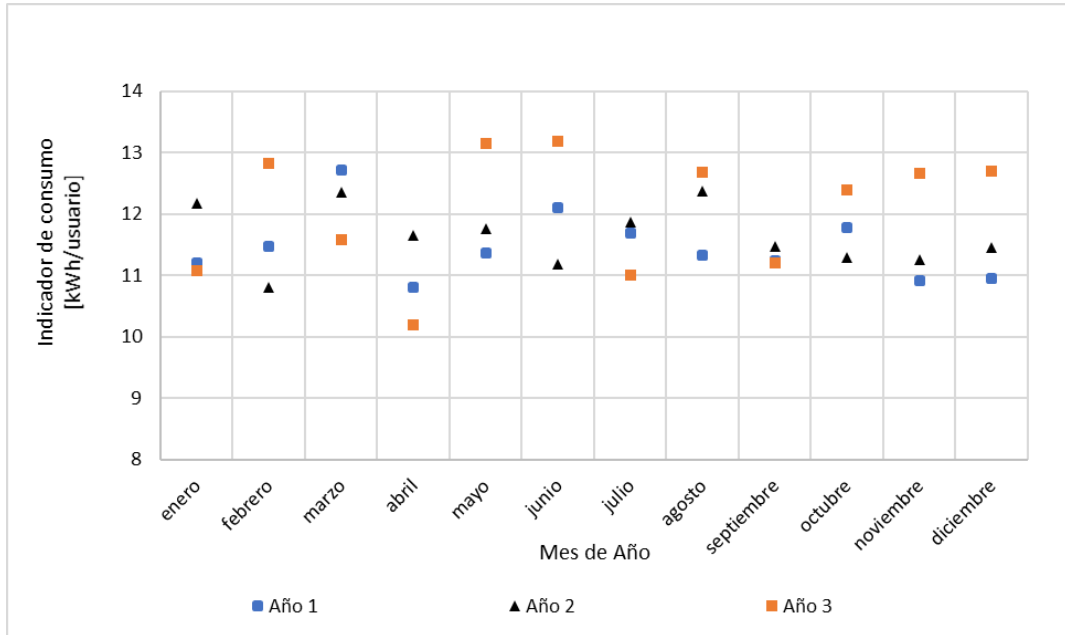
Para cada mes del año se establece el valor de los cocientes, los cuales representan un índice de consumo.

Periodo	Año 1	Año 2	Año 3
enero	11,2	12,2	11,1
febrero	11,5	10,8	12,8
marzo	12,7	12,4	11,6
abril	10,8	11,7	10,2
mayo	11,4	11,8	13,2
junio	12,1	11,2	13,2
julio	11,7	11,9	11,0
agosto	11,3	12,4	12,7
septiembre	11,2	11,5	11,2
octubre	11,8	11,3	12,4
noviembre	10,9	11,3	12,7
diciembre	10,9	11,5	12,7
Promedio	11,46	11,64	12,06

Teniendo en cuenta la información entregada, se quiere visualizar el comportamiento del cociente (índice de consumo de energía) mes a mes con el fin de determinar tendencias asociadas al período del año, es posible que algunas entidades presenten consumos mayores o menores específicamente en ciertos meses asociados a atención a público, vacaciones colectivas, entre otros. Estos períodos deberán analizarse de manera diferente debido a las variables que influyen en el consumo y pueden representar ajustes de tipo no rutinario.

Paso 5. CONSTRUCCIÓN DE LÍNEA BASE ENERGÉTICA

Como primer paso, se grafica el comportamiento mensual en cada uno de los años reportados de la siguiente manera:

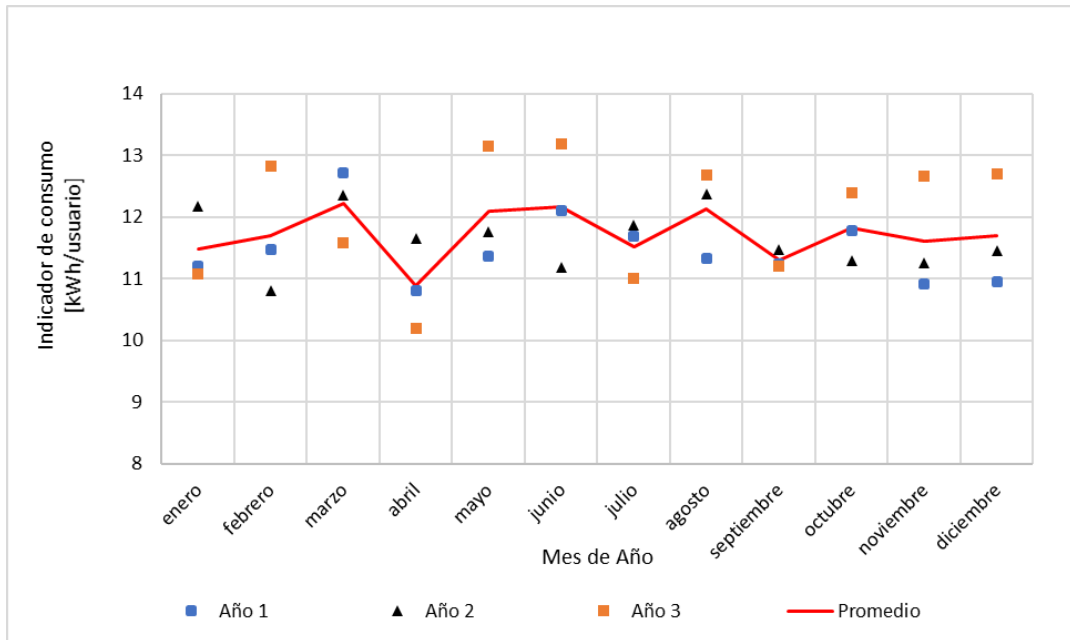


La gráfica anterior permite visualizar el comportamiento del indicador de cociente mensual y las tendencias en diferentes períodos del año. En el caso presentado, se observa que el indicador en los meses de febrero, abril, noviembre y diciembre tiende a ser menor. Esta tendencia puede tener una explicación considerando los factores mencionados anteriormente.

El valor promedio del cociente o el índice de consumo, servirá como línea base.

Indicador cociente [kWh/persona]				
Periodo	Año 1	Año 2	Año 3	Promedio
enero	11,2	12,2	11,1	11,5
febrero	11,5	10,8	12,8	11,7
marzo	12,7	12,4	11,6	12,2
abril	10,8	11,7	10,2	10,9
mayo	11,4	11,8	13,2	12,1
junio	12,1	11,2	13,2	12,2
julio	11,7	11,9	11,0	11,5
agosto	11,3	12,4	12,7	12,1
septiembre	11,2	11,5	11,2	11,3
octubre	11,8	11,3	12,4	11,8
noviembre	10,9	11,3	12,7	11,6
diciembre	10,9	11,5	12,7	11,7
Promedio	11,46	11,64	12,06	11,72

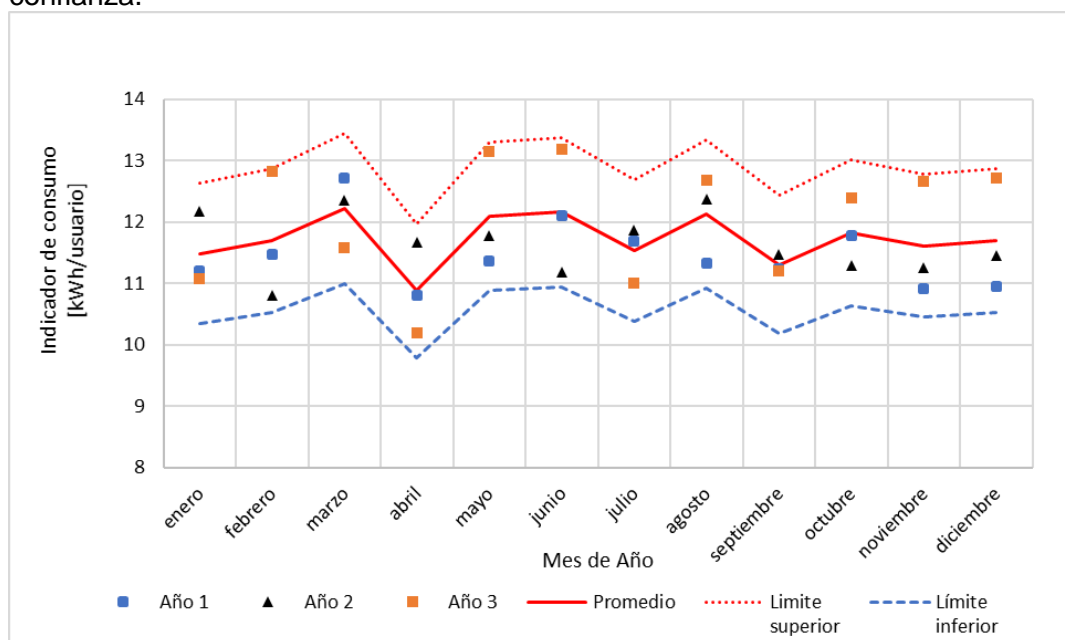
El promedio mes referido en la tabla anterior, se construye a partir de la ecuación dos (6) presentada en el numeral 8.5.2. del documento de la metodología.



Para verificar el modelo de la línea base energética, se define un intervalo de confianza a partir del consumo mensual promedio. Se define como límite superior el 110% del consumo promedio y el límite inferior con el 90% del consumo promedio, utilizando la ecuación siete (7) presentada en el numeral 8.5.2. del documento de la metodología, de la siguiente manera:

Periodo	Año 1	Año 2	Año 3	Promedio	Máximo	Mínimo	Límite superior	Límite inferior
enero	11,2	12,2	11,1	11,5	12,2	11,1	12,6	10,3
febrero	11,5	10,8	12,8	11,7	12,8	10,8	12,9	10,5
marzo	12,7	12,4	11,6	12,2	12,7	11,6	13,4	11,0
abril	10,8	11,7	10,2	10,9	11,7	10,2	12,0	9,8
mayo	11,4	11,8	13,2	12,1	13,2	11,4	13,3	10,9
junio	12,1	11,2	13,2	12,2	13,2	11,2	13,4	10,9
julio	11,7	11,9	11,0	11,5	11,9	11,0	12,7	10,4
agosto	11,3	12,4	12,7	12,1	12,7	11,3	13,3	10,9
septiembre	11,2	11,5	11,2	11,3	11,5	11,2	12,4	10,2
octubre	11,8	11,3	12,4	11,8	12,4	11,3	13,0	10,6
noviembre	10,9	11,3	12,7	11,6	12,7	10,9	12,8	10,4
diciembre	10,9	11,5	12,7	11,7	12,7	10,9	12,9	10,5
Promedio	11,46	11,64	12,06	11,72	12,46	11,07	12,89	10,55

A continuación, se visualizan las líneas promedio, límite máximo y mínimo del intervalo de confianza.

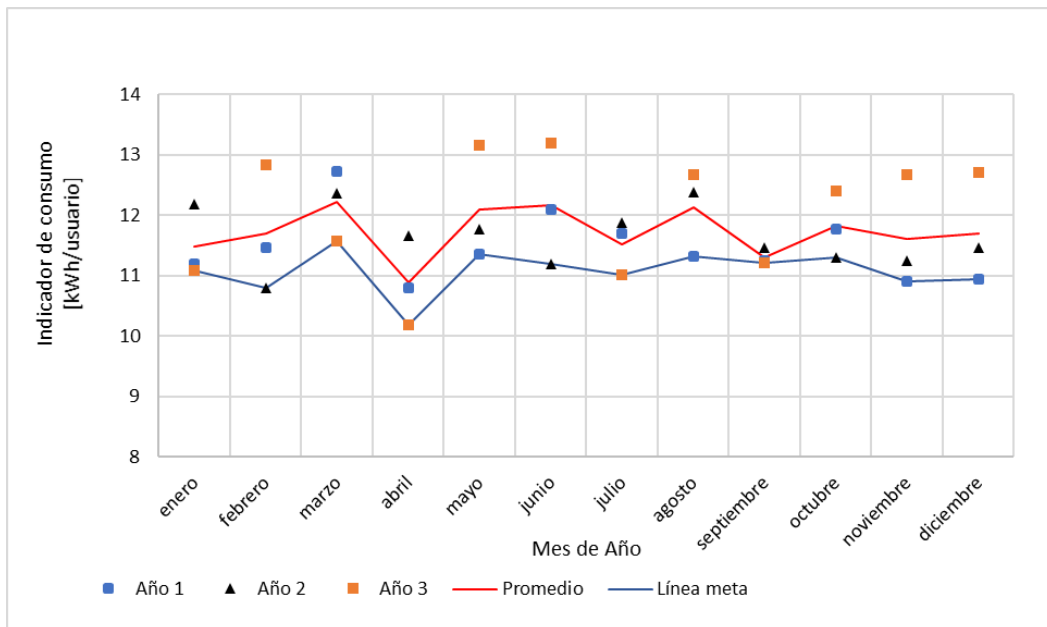


La verificación del modelo se hace a partir de la visualización de los datos del periodo base. Si los datos analizados se encuentran dentro del intervalo de confianza, los datos representan un dato significativo del consumo de la energía para cada mes. En este caso, cada uno de los tres puntos (año 1, año 2 y año 3) se encuentran dentro del límite de +/- 10% en el mes, por lo que los datos son representativos para la estimación del consumo.

Paso 6. ESTIMAR POTENCIALES DE AHORRO

Con el fin de determinar el mejor desempeño energético, se identifican los coeficientes de consumos mínimos de cada uno de los meses en el período analizado

Cociente [kWh/persona]					
Periodo	Año 1	Año 2	Año 3	Promedio	Mínimo
enero	11,2	12,2	11,1	11,5	11,1
febrero	11,5	10,8	12,8	11,7	10,8
marzo	12,7	12,4	11,6	12,2	11,6
abril	10,8	11,7	10,2	10,9	10,2
mayo	11,4	11,8	13,2	12,1	11,4
junio	12,1	11,2	13,2	12,2	11,2
julio	11,7	11,9	11,0	11,5	11,0
agosto	11,3	12,4	12,7	12,1	11,3
septiembre	11,2	11,5	11,2	11,3	11,2
octubre	11,8	11,3	12,4	11,8	11,3
noviembre	10,9	11,3	12,7	11,6	10,9
diciembre	10,9	11,5	12,7	11,7	10,9
Promedio	11,46	11,64	12,06	11,72	11,07



Se observa que para cada mes en específico hay al menos un valor del coeficiente de consumo por debajo del promedio. Bajo las mismas condiciones de operación, la edificación puede reducir su consumo al periodo donde operó con mayor eficiencia de consumo. Con lo anterior, se determina como ahorro potencial para cada mes la diferencia entre en consumo promedio y el coeficiente de consumo mínimo, y se determina el porcentaje de ahorro.

Para nuestro caso se puede determinar el ahorro de consumo de energía por persona atendido y el ahorro de consumo energía por mes, así:

$$\text{Ahorro} \left[\frac{kWh}{\text{usuario}} \right] = \text{coeficiente de consumo promedio por periodo} - \text{coeficiente de consumo mínimo por periodo}$$

$$\text{Ahorro} \left[\frac{kWh}{\text{mes}} \right] = \text{Ahorro} \left[\frac{kWh}{\text{usuario}} \right] \cdot \text{promedio de usuarios por mes}$$

$$\% \text{ Ahorro} = \frac{\text{Ahorro} \left[\frac{kWh}{\text{mes}} \right]}{\text{promedio de consumo por mes} \left[\frac{kWh}{\text{mes}} \right]}$$

A continuación, se presentan los ahorros potenciales estimados para cada uno de los meses.

Periodo	Cociente [kWh/persona]					Ahorro		
	Año 1	Año 2	Año 3	Promedio	Mínimo	[kWh/per]	[kWh/mes]	%
enero	11,2	12,2	11,1	11,5	11,1	0,4	389,9	3,5
febrero	11,5	10,8	12,8	11,7	10,8	0,9	851,9	7,7
marzo	12,7	12,4	11,6	12,2	11,6	0,6	606,0	5,3
abril	10,8	11,7	10,2	10,9	10,2	0,7	735,7	6,4
mayo	11,4	11,8	13,2	12,1	11,4	0,7	725,3	6,1
junio	12,1	11,2	13,2	12,2	11,2	1,0	923,9	8,0
julio	11,7	11,9	11,0	11,5	11,0	0,5	534,8	4,5
agosto	11,3	12,4	12,7	12,1	11,3	0,8	759,9	6,6
septiembre	11,2	11,5	11,2	11,3	11,2	0,1	101,0	0,9
octubre	11,8	11,3	12,4	11,8	11,3	0,5	480,2	4,4
noviembre	10,9	11,3	12,7	11,6	10,9	0,7	677,6	6,1
diciembre	10,9	11,5	12,7	11,7	10,9	0,8	735,0	6,5
Promedio	11,46	11,64	12,06	11,72	11,07	0,65	626,78	5,5

Paso 7. Identificar información a reportar a la UPME asociado a determinación de LBEn y estimación de potenciales de ahorro

Atributo	Descripción	Observaciones
Uso/destino del edificio	Alcaldía municipal	
Área útil	2.458 m ²	Un sótano, 4 pisos
Energéticos utilizados	Energía eléctrica	
Variable relevante	Personas/usuarios atendidos por mes	
Modelo de LBEn seleccionado	Valor coeficiente de valor medido	
Periodo base	Tres años	Datos mensuales
Cantidad de datos iniciales	36	
Cantidad de datos finales	36	
LBEn	Valor coeficiente de consumo promedio mes	Datos mensuales
Ahorro estimado	Valor mensual	En kWh y porcentaje %

Anexo 3 - EJEMPLO DE DETERMINACIÓN DE LÍNEA BASE ENERGÉTICA Y CÁLCULO DE AHORROS CON MODELO ESTADÍSTICO

En una alcaldía municipal con área construida de 2.458 m², distribuidos en un sótano y 4 pisos de oficinas, se desea determinar la línea base energética y el ahorro estimado por mejora en hábitos de uso de la energía (mejor desempeño), teniendo en cuenta el procedimiento referido en los capítulos 7 y 8 de la metodología.

Paso 1. TIPO DE SOLICITUD DE INFORMACIÓN

Se cuenta con facturas de consumo de energía mensual de los últimos 3 años, el registro de personas atendidas cada mes e igualmente y registro de temperaturas que permiten calcular la variable relevante grados día de enfriamiento para el sistema de climatización.

Paso 2. DEFINIR EL PERIODO BASE

Para determinar el periodo base se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- Disponibilidad de información.
- La ocupación del edificio no estuvo afectada por causas extraordinarias en ningún mes, es decir el consumo energético de la factura corresponde a las condiciones habituales de ocupación.
- No existieron cambios en la tecnología de los usos significativos de energía de la edificación que pudieran afectar significativamente su demanda típica de energía.
- El registro de consumo de energía en la factura del servicio es considerado como valores medidos y no corresponde a promedio.
- No existieron períodos prolongados de tiempo donde por problemas de mantenimiento u otro tipo no funcionaron usos significativos de energía como: sistemas de climatización, elevadores, sistemas de bombeo de agua, grandes áreas de iluminación;
- No existieron modificaciones estructurales que cambiarán significativamente la carga térmica del edificio;
- No se instalaron en el periodo del año sistemas o fuentes no convencionales de generación de energía (solar FV o eólicos).

Una vez revisados los aspectos anteriores se determinó tomar como período base para elaborar la LBE de la edificación, según la disponibilidad de los datos, la información de consumo de energía mensual de los últimos 3 años (36 datos).

Paso 3. DETERMINAR LAS VARIABLES RELEVANTES QUE INFLUYEN EN EL CONSUMO DE LA ENERGÍA

Las variables relevantes que influyen en el consumo de energía de una edificación de este tipo son: grados día de temperatura, índice de ocupación o m² ocupados, cantidad de personas que laboran en el edificio, cantidad de personas atendidas, etc.

Para los años seleccionados como periodo base, se realiza la tabla mensual de consumo de energía y cada una de las variables relevantes de las cuales se tiene información:

Periodo de facturación		Cantidad de personas/ mes	Grados días de enfriamiento (°C /mes)	Consumo energía activa normalizado [kWh/mes]
Año	Mes			
1	enero	911	271	10.204
1	febrero	969	275	11.112
1	marzo	890	287	11.318
1	abril	1.041	290	11.242
1	mayo	993	289	11.277
1	junio	968	284	11.715
1	julio	1.045	284	12.219
1	agosto	984	287	11.146
1	septiembre	916	290	10.300

1	octubre	964	285	11.348
1	noviembre	1.048	273	11.434
1	diciembre	1.039	262	11.374
2	enero	925	277	11.264
2	febrero	1.008	287	10.886
2	marzo	930	296	11.496
2	abril	1.019	286	11.883
2	mayo	1.061	283	12.486
2	junio	984	282	11.009
2	julio	987	287	11.719
2	agosto	940	293	11.637
2	septiembre	1.049	290	12.028
2	octubre	919	271	10.383
2	noviembre	1.016	257	11.435
2	diciembre	1.018	259	11.662
3	enero	1.050	314	11.635
3	febrero	870	288	11.158
3	marzo	1.020	287	11.810
3	abril	1.110	284	11.306
3	mayo	870	278	11.839
3	junio	900	285	11.870
3	julio	1.080	297	11.891
3	agosto	930	296	11.784
3	septiembre	1.050	276	11.765
3	octubre	870	242	10.783
3	noviembre	840	253	10.639
3	diciembre	810	281	10.927

Nota:

1. Los m² ocupados de la edificación fueron constantes todos los meses.
2. La cantidad de personas se obtuvo del registro de ingreso de personas o usuarios atendidos en la edificación cada mes.
3. Los grados día de temperatura se calculan por la expresión:

$$GDE = \sum_{i=1}^n (T_p - T_b)_i * X_e$$

Donde:

GDE es grados días de enfriamiento

T_b- temperatura base de climatización (20, 23, 25 °C) (Se toma menor como un valor 3 C menor que la temperatura de confort interior. Así se considera la ganancia térmica en el edificio.

T_p- Temperatura promedio-día

$$T_p = \frac{\sum_{j=1}^m T_i}{H}$$

Donde

T_i – Temperatura a cada hora

H - Número de horas de trabajo en la edificación

n - cantidad de días del mes considerado (30)

X_e- coeficiente lógico que valdrá 1 cuando la temperatura media sea mayor a la *T_b* y cero cuando sea menor.

i = 1 día

Ejemplo: *T_p* =30 °C; *T_b*=22°C; entonces *T_p* > *T_b* y así *X_e* = 1; *i* = 1 día; *n* = 30

$$GDE = (30 - 22) * 1 * 1 = 4^{\circ} \frac{C}{día}$$

si todos los días fuera el mismo valor (puede no ser así), al mes sería:

$$4^{\circ} \frac{C}{día} * 30 \frac{días}{mes} = 240^{\circ} \frac{C}{mes}$$

Si no es igual cada día, se suman los valores (GDE) de los 30 días. Este paso es importante realizarlo ya que es necesario determinar si el cambio de la temperatura ambiente influye en el consumo de energía.

Paso 4. SELECCIÓN DEL MODELO DE LA LÍNEA DE BASE ENERGÉTICA

Para la selección del modelo de LBE_n, se realiza el análisis de regresión para verificar si las dos variables o solo una de ellas son significativamente relevantes para explicar los cambios en los consumos de energía.

Análisis de regresión para 2 variables:

Estadísticas de la regresión					
Coefficiente de correlación múltiple	0,547999795				
Coefficiente de determinación R ²	0,300303775				
R ² ajustado	0,257897943				
Error típico	449,4618032				
Observaciones	36				
Análisis de la Varianza					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	2861216,893	1430608,447	7,08166	0,00276062
Residuos	33	6666525,114	202015,9125		
Total	35	9527742,008			
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	
Intercepción	5869,242877	1679,20135	3,495258551	0,00137	
Cantidad de personas/mes	3,115310717	1,061211412	2,935617429	0,00602	
Grados días de enfriamiento (°C /mes)	8,848839065	5,701041417	1,552144322	0,13016	

Se observa que los cambios de la Grados día de enfriamiento/mes no produce cambios significativos en los consumos de energía/mes ya que la probabilidad de que no lo haga es superior a 0,05 (0,13016).

Análisis de regresión para una variable (Cantidad de personas/mes):

Estadísticas de la regresión					
Coefficiente de correlación múltiple	0,499222123				
Coefficiente de determinación R ²	0,249222728				
R ² ajustado	0,227141044				
Error típico	458,681363				
Observaciones	36				
Análisis de la Varianza					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	2374529,855	2374529,855	11,28640	0,00193822
Residuos	34	7153212,153	210388,5927		
Total	35	9527742,008			
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	
Intercepción	7959,688659	1023,475804	7,777114637	4,75E-09	
Cantidad de personas/mes	3,524334978	1,049057897	3,359523805	0,001938	

Se observa que los cambios de la variable Cantidad de personas/mes si producen cambios significativos en los consumos de energía/mes ya que la probabilidad de que no lo haga es inferior a 0,05 (0,001938).

Se concluye entonces que, la variable relevante o significativa de los cambios del consumo de energía mensual en la edificación es Cantidad de personas/mes.

Debido a que existe una variable significativa a los cambios del consumo de energía mes, se plantea un modelo de regresión de una variable que caracteriza el consumo del periodo base seleccionado y que constituye la línea base o consumo de referencia mensual de la edificación.

La ecuación de línea base de consumo energético, referida en el numeral 8.5.3 del documento de la metodología, para el caso del ejemplo será:

$$E = m * Personas + E_o$$

E = Consumo energético

E_o = Consumo fijo de energía de la edificación (coeficiente de intercepción)

m = Coeficiente de la variable independiente (personas para este ejemplo)

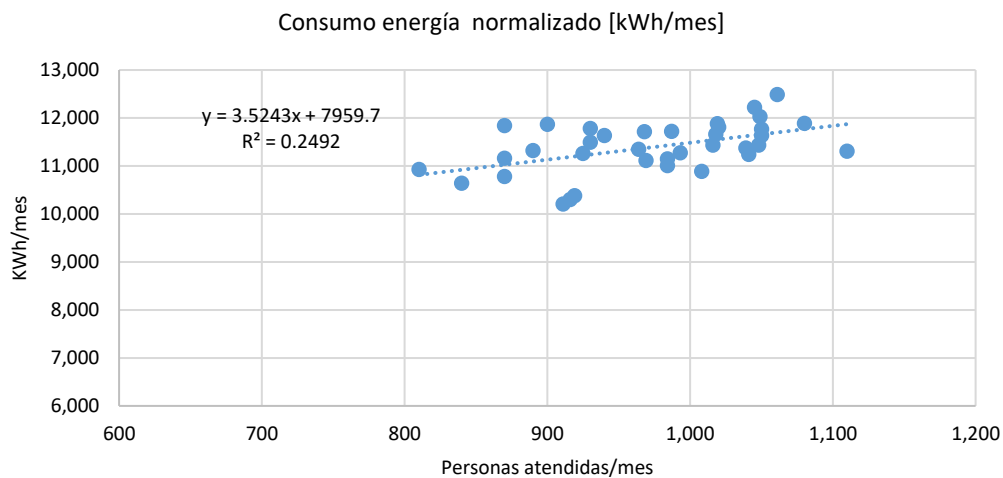
$$M = 3.524 \frac{KWh}{persona}$$

$$E_o = 7,959.7 \frac{KWh}{mes}$$

$$E = 3.524 * Personas + 7,959.7 \frac{KWh}{mes}$$

Paso 5. CONSTRUCCION DE LA LÍNEA BASE

Con la ayuda de Excel es posible graficar la línea base energética a partir de un gráfico de correlación donde los valores de Y corresponde a los consumos mensuales de energía, y los valores de X corresponde a la cantidad de personas atendidas por mes.



Para la verificación del modelo de línea base se comparan los valores de energía medidos o recopilados durante el periodo de la línea base con los valores que se obtienen usando el modelo de línea base. Esta comparación se puede hacer calculando el error para cada observación y calculando el promedio de estos errores de la siguiente manera:

$$\%Error = \frac{(consumo medido - consumo línea base)}{consumo línea base} * 100$$

Periodo de facturación		Cantidad de personas/mes	Grados días de enfriamiento (°C /mes)	Consumo energía activa normalizado [kWh/mes]	Consumo de energía según línea base [kWh/mes]	Error
Año	Mes					
1	enero	911	271	10.204	11.170	8,7%
1	febrero	969	275	11.112	11.375	2,3%
1	marzo	890	287	11.318	11.096	2,0%
1	abril	1.041	290	11.242	11.628	3,3%
1	mayo	993	289	11.277	11.459	1,6%
1	junio	968	284	11.715	11.371	3,0%
1	julio	1.045	284	12.219	11.643	5,0%
1	agosto	984	287	11.146	11.428	2,5%
1	septiembre	916	290	10.300	11.188	7,9%
1	octubre	964	285	11.348	11.357	0,1%
1	noviembre	1.048	273	11.434	11.653	1,9%
1	diciembre	1.039	262	11.374	11.621	2,1%
2	enero	925	277	11.264	11.220	0,4%
2	febrero	1.008	287	10.886	11.512	5,4%
2	marzo	930	296	11.496	11.237	2,3%
2	abril	1.019	286	11.883	11.551	2,9%
2	mayo	1.061	283	12.486	11.699	6,7%
2	junio	984	282	11.009	11.428	3,7%
2	julio	987	287	11.719	11.438	2,5%
2	agosto	940	293	11.637	11.273	3,2%
2	septiembre	1.049	290	12.028	11.657	3,2%
2	octubre	919	271	10.383	11.199	7,3%
2	noviembre	1.016	257	11.435	11.540	0,9%
2	diciembre	1.018	259	11.662	11.547	1,0%
3	enero	1.050	314	11.635	11.660	0,2%
3	febrero	870	288	11.158	11.026	1,2%
3	marzo	1.020	287	11.810	11.554	2,2%
3	abril	1.110	284	11.306	11.872	4,8%
3	mayo	870	278	11.839	11.026	7,4%
3	junio	900	285	11.870	11.132	6,6%
3	julio	1.080	297	11.891	11.766	1,1%
3	agosto	930	296	11.784	11.237	4,9%
3	septiembre	1.050	276	11.765	11.660	0,9%
3	octubre	870	242	10.783	11.026	2,2%
3	noviembre	840	253	10.639	10.920	2,6%
3	diciembre	810	281	10.927	10.814	1,0%
Error promedio						3.2%

Como se observa, el error de cada observación solo sobrepasa el 5% en 4 datos, y el valor del error promedio es de 3.2%, lo que significa que el modelo de línea base utilizado estima de manera confiable el consumo de energía para el ejemplo dado.

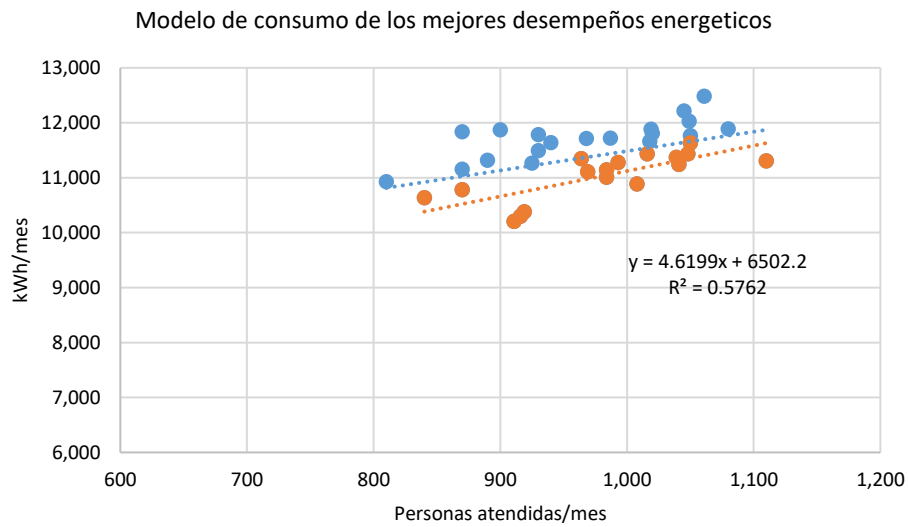
Paso 6. ESTIMAR POTENCIALES DE AHORRO

Con la ayuda de Excel, se seleccionan los valores de energía medidos que sean valores a los calculados con la ecuación de LBen. Estos valores son el insumo para la construcción de la línea meta mediante una correlación similar con un modelo de regresión de una variable.

Periodo de facturación		Cantidad de personas/mes	Consumo energía normalizado [kWh/mes]	Consumo energía según línea base [kWh/mes]	Diferencia del valor de consumo energía - valor línea base, [KWh/mes]	Mejores desempeños, [KWh/mes]
Año	Mes					
1	enero	911	10.204	11.170	-966	10.204
1	febrero	969	11.112	11.375	-263	11.112
1	marzo	890	11.318	11.096	222	
1	abril	1.041	11.242	11.628	-386	11.242
1	mayo	993	11.277	11.459	-182	11.277
1	junio	968	11.715	11.371	344	
1	julio	1.045	12.219	11.643	576	
1	agosto	984	11.146	11.428	-282	11.146
1	septiembre	916	10.300	11.188	-888	10.300
1	octubre	964	11.348	11.357	-9	11.348
1	noviembre	1.048	11.434	11.653	-219	11.434
1	diciembre	1.039	11.374	11.621	-247	11.374
2	enero	925	11.264	11.220	44	
2	febrero	1.008	10.886	11.512	-626	10.886
2	marzo	930	11.496	11.237	259	
2	abril	1.019	11.883	11.551	332	
2	mayo	1.061	12.486	11.699	787	
2	junio	984	11.009	11.428	-419	11.009

2	julio	987	11.719	11.438	281	
2	agosto	940	11.637	11.273	364	
2	septiembre	1.049	12.028	11.657	371	
2	octubre	919	10.383	11.199	-816	10.383
2	noviembre	1.016	11.435	11.540	-105	11.435
2	diciembre	1.018	11.662	11.547	115	
3	enero	1.050	11.635	11.660	-25	11.635
3	febrero	870	11.158	11.026	132	
3	marzo	1.020	11.810	11.554	256	
3	abril	1.110	11.306	11.872	-565	11.306
3	mayo	870	11.839	11.026	813	
3	junio	900	11.870	11.132	739	
3	julio	1.080	11.891	11.766	125	
3	agosto	930	11.784	11.237	547	
3	septiembre	1.050	11.765	11.660	105	
3	octubre	870	10.783	11.026	-243	10.783
3	noviembre	840	10.639	10.920	-281	10.639
3	diciembre	810	10.927	10.814	113	

Así, se utiliza Excel para realizar el gráfico de correlación de consumo de energía vs personas solo para los mejores desempeños del año. Se utiliza la función línea de tendencia de Excel para hallar la ecuación del modelo de consumo de energía de los mejores desempeños energéticos.



Los potenciales de ahorro considerando las condiciones habituales de operación de la edificación, se estiman al calcular la diferencia entre los valores de consumo de la LBE n y los valores del consumo de energía según el modelo de mejores desempeños energéticos de acuerdo con el valor de la variable relevante

Periodo de facturación		Cantidad de personas/mes	Consumo energía normalizado [kWh/mes]	Consumo energía según modelo de LBE n [kWh/mes]	Consumo de energía según modelo de mejores desempeños energéticos [kWh/mes]	Ahorro de energía [kWh/mes]
Año	Mes					
1	enero	911	10.204	11.170	10.711	459
1	febrero	969	11.112	11.375	10.979	396
1	marzo	890	11.318	11.096	10.614	482
1	abril	1.041	11.242	11.628	11.312	317
1	mayo	993	11.277	11.459	11.090	370
1	junio	968	11.715	11.371	10.974	397
1	julio	1.045	12.219	11.643	11.330	313
1	agosto	984	11.146	11.428	11.048	379
1	septiembre	916	10.300	11.188	10.734	454
1	octubre	964	11.348	11.357	10.956	401

1	noviembre	1.048	11.434	11.653	11.344	309
1	diciembre	1.039	11.374	11.621	11.302	319
2	enero	925	11.264	11.220	10.776	444
2	febrero	1.008	10.886	11.512	11.159	353
2	marzo	930	11.496	11.237	10.799	439
2	abril	1.019	11.883	11.551	11.210	341
2	mayo	1.061	12.486	11.699	11.404	295
2	junio	984	11.009	11.428	11.048	379
2	julio	987	11.719	11.438	11.062	376
2	agosto	940	11.637	11.273	10.845	428
2	septiembre	1.049	12.028	11.657	11.348	308
2	octubre	919	10.383	11.199	10.748	451
2	noviembre	1.016	11.435	11.540	11.196	344
2	diciembre	1.018	11.662	11.547	11.205	342
3	enero	1.050	11.635	11.660	11.353	307
3	febrero	870	11.158	11.026	10.522	504
3	marzo	1.020	11.810	11.554	11.214	340
3	abril	1.110	11.306	11.872	11.630	241
3	mayo	870	11.839	11.026	10.522	504
3	junio	900	11.870	11.132	10.660	471
3	julio	1.080	11.891	11.766	11.492	274
3	agosto	930	11.784	11.237	10.799	439
3	septiembre	1.050	11.765	11.660	11.353	307
3	octubre	870	10.783	11.026	10.522	504
3	noviembre	840	10.639	10.920	10.383	537
3	diciembre	810	10.927	10.814	10.244	570
Promedio			11.388	Promedio		392

De acuerdo con el modelo estadístico utilizado el potencial de ahorro para esta edificación, es en promedio de un 3,44% utilizando la ecuación doce (12) del documento de metodología.

ANEXO

Metodología de la línea base de consumo y el ahorro estimado, la cual deberá ser atendida por las entidades en la elaboración e implementación de sus medidas para dar cumplimiento a lo establecido en el artículo 237 de la Ley 2294 de 2023”

Anexo 4 - EJEMPLO DE AJUSTES RUTINARIOS Y NO RUTINARIOS

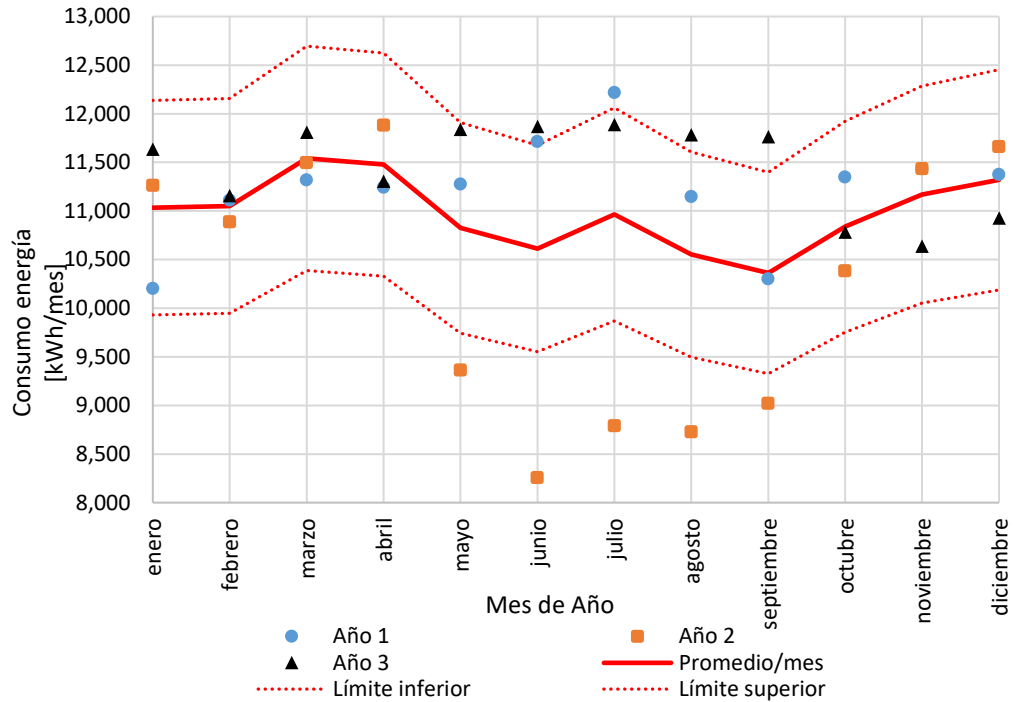
A4.1 Ajuste no rutinario en modelo absoluto

Para este ejemplo, se incluye un ajuste no rutinario derivado de una situación presentada durante el periodo de medición o recopilación de los consumos, en la cual, durante los meses de mayo a septiembre del año 2, se presentó un cambio en el funcionamiento de la edificación bajo la cual se tuvo una atención similar de personas pero redistribuidas en una parte de las oficinas mientras se ejecutaba una reparación en otra parte de la edificación, dejando fuera de funcionamiento todas sus unidades de acondicionamiento de aire durante este tiempo.

Lo anterior representó una disminución del consumo de energía reportado durante esos meses. Esta disminución fue del 25% de la energía durante esos meses.

Año	Mes	Cantidad de personas/mes	Grados días de enfriamiento (°C /mes)	Consumo energía activa normalizado [kWh/mes]
1	enero	911	271	10.204
1	febrero	969	275	11.112
1	marzo	890	287	11.318
1	abril	1.041	290	11.242
1	mayo	993	289	11.277
1	junio	968	284	11.715
1	julio	1.045	284	12.219
1	agosto	984	287	11.146
1	septiembre	916	290	10.300
1	octubre	964	285	11.348
1	noviembre	1.048	273	11.434
1	diciembre	1.039	262	11.374
2	enero	925	277	11.264
2	febrero	1.008	287	10.886
2	marzo	930	296	11.496
2	abril	1.019	286	11.883
2	mayo	1.061	283	9.365
2	junio	984	282	8.257
2	julio	987	287	8.789
2	agosto	940	293	8.728
2	septiembre	1.049	290	9.021
2	octubre	919	271	10.383
2	noviembre	1.016	257	11.435
2	diciembre	1.018	259	11.662
3	enero	1.050	314	11.635
3	febrero	870	288	11.158
3	marzo	1.020	287	11.810
3	abril	1.110	284	11.306
3	mayo	870	278	11.839
3	junio	900	285	11.870
3	julio	1.080	297	11.891
3	agosto	930	296	11.784
3	septiembre	1.050	276	11.765
3	octubre	870	242	10.783
3	noviembre	840	253	10.639
3	diciembre	810	281	10.927

Repitiendo la metodología del modelo de valor absoluto, la LBEn, determinada como el promedio de los valores de cada mes, y sus límites superior e inferior se ve de la siguiente manera:



Se observa que los valores “anómalos” quedan fuera de los límites de confiabilidad, por lo tanto, es necesario hacer el ajuste por esta situación no rutinaria. De no hacerlo, el potencial de ahorro estimado da como resultado un valor sobreestimado, como se observa en la siguiente tabla.

Mes	Año			Promedio /mes	Máximo	Mínimo	Límite superior	Límite inferior	Ahorro	
	Año 1	Año 2	Año 3							
enero	10.204	11.264	11.635	11.034	11.635	10.204	12.138	9.931	830	7,5%
febrero	11.112	10.886	11.158	11.052	11.158	10.886	12.157	9.947	166	1,5%
marzo	11.318	11.496	11.810	11.541	11.810	11.318	12.696	10.387	223	1,9%
abril	11.242	11.883	11.306	11.477	11.883	11.242	12.625	10.329	235	2,0%
mayo	11.277	9.365	11.839	10.827	11.839	9.365	11.910	9.744	1.462	13,5%
junio	11.715	8.257	11.870	10.614	11.870	8.257	11.675	9.553	2.357	22,2%
julio	12.219	8.789	11.891	10.966	12.219	8.789	12.063	9.870	2.177	19,9%
agosto	11.146	8.728	11.784	10.553	11.784	8.728	11.608	9.497	1.825	17,3%
septiembre	10.300	9.021	11.765	10.362	11.765	9.021	11.398	9.326	1.341	12,9%
octubre	11.348	10.383	10.783	10.838	11.348	10.383	11.922	9.754	455	4,2%
noviembre	11.434	11.435	10.639	11.169	11.435	10.639	12.286	10.052	530	4,7%
diciembre	11.374	11.662	10.927	11.321	11.662	10.927	12.453	10.189	394	3,5%
Promedio x Año	11.224	10.264	11.451	10.980	11.701	9.980	12.078	9.882	1.000	9,3%

El valor promedio del potencial de ahorro sin el ajuste es de 9,35 el cual es muy superior al calculado sin esta anomalía.

El ajuste, se realiza de acuerdo con el siguiente procedimiento:

Se calcula el promedio de los consumos para los meses “normales” del año 2.

$$Consumo_{prom,normal\ año\ 2} = 11.287 \frac{kWh}{mes}$$

Se calcula el promedio de los consumos para los meses “anómalos” del año 2.

$$Consumo_{prom,anómalo\ año\ 2} = 8.832 \frac{kWh}{mes}$$

Se calcula la diferencia entre estos dos valores:

$$\text{Consumo}_{prom,normal \text{ año } 2} - \text{Consumo}_{prom,anómalo \text{ año } 2} = 2.455 \frac{kWh}{mes}$$

Se establece la proporción entre esta diferencia y el valor promedio normal de ese año:

$$\text{Proporción de ajuste} = \frac{2.455 \left[\frac{kWh}{mes} \right]}{11.287 \left[\frac{kWh}{mes} \right]}$$

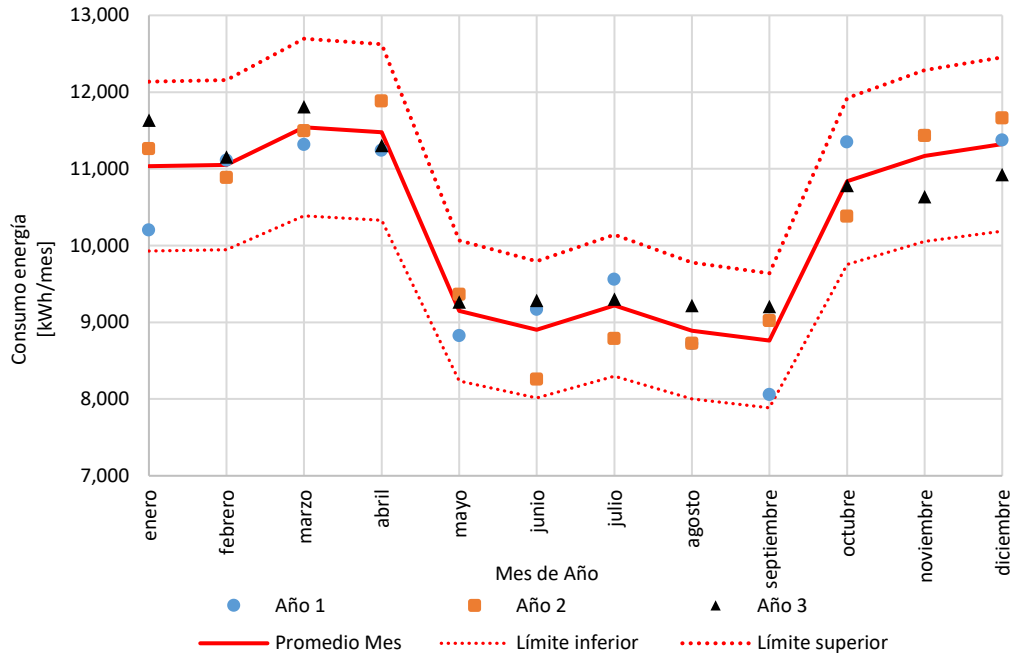
Se ajustan los valores de los mismos meses de los años 1 y 3 con esta proporción:

$$\text{Ajuste} = \text{Consumo}_{meses \text{ normales}} * (1 - \text{Proporción de ajuste})$$

Con estos nuevos valores ajustados para los mismos meses de los años 1 y 3 se calcula el potencial de ahorro ajustado, que se presenta en la siguiente tabla.

Mes	Año			Promedio/mes	Máximo	Mínimo	Límite superior	Límite inferior	Ahorro	
	Año 1	Año 2	Año 3							
enero	10.204	11.264	11.635	11.034	11.635	10.204	12.138	9.931	830	7,5%
febrero	11.112	10.886	11.158	11.052	11.158	10.886	12.157	9.947	166	1,5%
marzo	11.318	11.496	11.810	11.541	11.810	11.318	12.696	10.387	223	1,9%
abril	11.242	11.883	11.306	11.477	11.883	11.242	12.625	10.329	235	2,0%
mayo	8.824	9.365	9.264	9.151	9.365	8.824	10.066	8.236	327	3,6%
junio	9.167	8.257	9.288	8.904	9.288	8.257	9.794	8.014	647	7,3%
julio	9.561	8.789	9.304	9.218	9.561	8.789	10.140	8.296	429	4,7%
agosto	8.722	8.728	9.221	8.890	9.221	8.722	9.779	8.001	168	1,9%
septiembre	8.060	9.021	9.206	8.762	9.206	8.060	9.638	7.886	703	8,0%
octubre	11.348	10.383	10.783	10.838	11.348	10.383	11.922	9.754	455	4,2%
noviembre	11.434	11.435	10.639	11.169	11.435	10.639	12.286	10.052	530	4,7%
diciembre	11.374	11.662	10.927	11.321	11.662	10.927	12.453	10.189	394	3,5%
Promedio x Año	10.197	10.264	10.379	10.280	10.631	9.854	11.308	9.252	426	4,2%

Como se observa, el valor del potencial de ahorro ajustado es 4,2%, muy similar a lo que se tendría bajo condiciones normales permanentes de funcionamiento. En la siguiente figura se observa igualmente como el ajuste permite mantener los datos dentro del rango de confiabilidad establecidos por los límites superior e inferior.



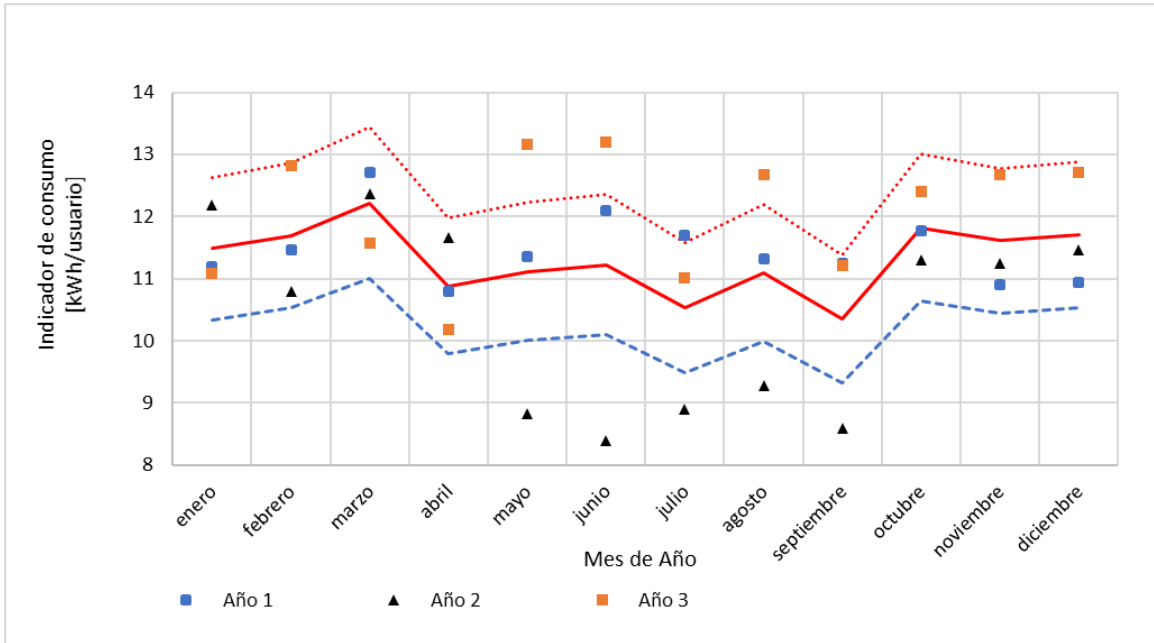
A4.2 Ajuste no rutinario en modelo cociente de valores medido

Para este ejemplo se incluye un ajuste no rutinario derivado de una situación presentada durante el periodo de medición o recopilación de los consumos, en la cual durante los meses de mayo a septiembre del año 2 se presentó un cambio en el funcionamiento de la edificación bajo la cual se tuvo una atención similar de personas pero redistribuidas en una parte de las oficinas mientras se ejecutaba una reparación en otra parte de la edificación, dejando fuera de funcionamiento todas sus unidades de acondicionamiento de aire durante este tiempo.

Lo anterior representó una disminución del consumo de energía reportado durante esos meses. Esta disminución fue del 25% de la energía durante esos meses.

Periodo de facturación	Año 1		Año 2		Año 3	
	Consumo energía activa normalizado [kWh/mes]	Cantidad de personas atendidas/mes	Consumo energía activa normalizado [kWh/mes]	Cantidad de personas/mes	Consumo energía activa normalizado [kWh/mes]	Cantidad de personas/mes
enero	10.204	911	11.264	925	11.635,2	1.050
febrero	11.112	969	10.886	1.008	11.157,6	870
marzo	11.318	890	11.496	930	11.810,4	1.020
abril	11.242	1.041	11.883	1.019	11.306,4	1.110
mayo	11.277	993	9.365	1.061	11.839,2	900
junio	11.715	968	8.257	984	11.870,4	900
julio	12.219	1.045	8.789	987	11.890,5	1.080
agosto	11.146	984	8.728	940	11.784,0	930
septiembre	10.300	916	9.021	1.049	11.764,8	1.050
octubre	11.348	964	10.383	919	10.783,2	870
noviembre	11.434	1.048	11.435	1.016	10.639,2	840
diciembre	11.374	1.039	11.662	1.018	10.927,2	860

Repitiendo la metodología del modelo de valor absoluto, la línea base, determinada como el promedio de los valores de cada mes, y sus límites superior e inferior se ve de la siguiente manera:



Se observa que los valores “anómalos” quedan fuera de los límites de confiabilidad, por lo tanto, es necesario hacer el ajuste por esta situación no rutinaria. De no hacerlo, el potencial de ahorro estimado da como resultado un valor sobreestimado, como se observa en la siguiente tabla.

Periodo	Cociente [kWh/persona]				Ahorro			
	Año 1	Año 2	Año 3	Promedio	Mínimo	[kWh/per]	[kWh/mes]	%
enero	11,2	12,2	11,1	11,5	11,1	0,4	389,9	3,5
febrero	11,5	10,8	12,8	11,7	10,8	0,9	851,9	7,7
marzo	12,7	12,4	11,6	12,2	11,6	0,6	606,0	5,3
abril	10,8	11,7	10,2	10,9	10,2	0,7	735,7	6,4
mayo	11,4	8,8	13,2	11,1	8,8	2,3	2.250,9	20,8
junio	12,1	8,4	13,2	11,2	8,4	2,8	2.696,4	25,4
julio	11,7	8,9	11,0	10,5	8,9	1,6	1.691,9	15,4
agosto	11,3	9,3	12,7	11,1	9,3	1,8	1.721,3	16,3
septiembre	11,2	8,6	11,2	10,3	8,6	1,7	1.758,7	17,0
octubre	11,8	11,3	12,4	11,8	11,3	0,5	480,2	4,4
noviembre	10,9	11,3	12,7	11,6	10,9	0,7	677,6	6,1
diciembre	10,9	11,5	12,7	11,7	10,9	0,8	735,0	6,5
Promedio	11,46	10,42	12,06	11,31	10,07	1,24	1.216,30	11,2

El valor promedio del potencial de ahorro sin el ajuste es de 9.35, muy superior al calculado sin esta anomalía.

El ajuste, se realiza de acuerdo con el siguiente procedimiento:

Se calcula el promedio de los consumos para los meses “normales” del año 2.

$$Consumo_{prom, normal \text{ año } 2} = 11.287 \left[\frac{kWh}{mes} \right]$$

Se calcula el promedio de los consumos para los meses “anómalos” del año 2.

$$Consumo_{prom, anormal \text{ año } 2} = 8.832 \left[\frac{kWh}{mes} \right]$$

Se calcula la diferencia entre estos dos valores:

$$\text{Consumo}_{prom, normal \text{ año } 2} - \text{Consumo}_{prom, anómalo \text{ año } 2} = 2.455 \left[\frac{kWh}{mes} \right]$$

Se establece la proporción entre esta diferencia y el valor promedio normal de ese año:

$$\text{Proporción de ajuste} = \frac{2.455 \left[\frac{kWh}{mes} \right]}{8.832 \left[\frac{kWh}{mes} \right]} = 0.22$$

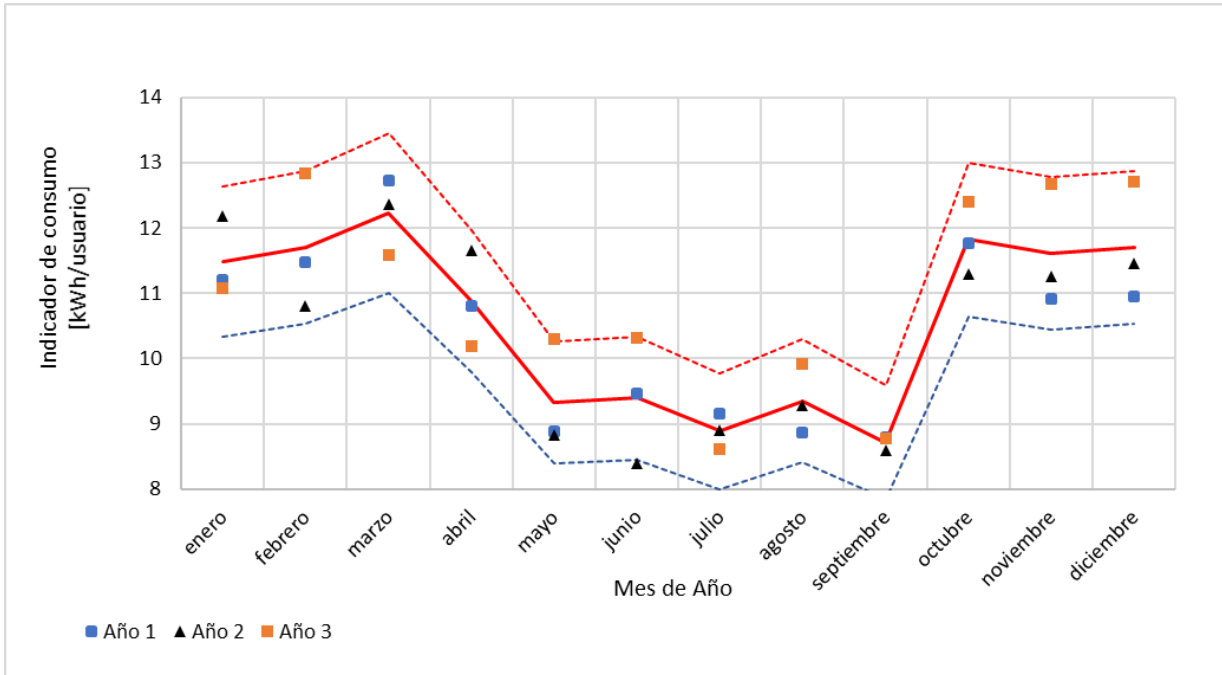
Se ajustan los valores de los mismos meses de los años 1 y 3 con esta proporción:

$$\text{Ajuste} = \text{Consumo Meses normales} \cdot (1 - \text{Proporción de ajuste})$$

Con estos nuevos valores ajustados para los mismos meses de los años 1 y 3 se calcula el potencial de ahorro ajustado, que se presenta en la siguiente tabla.

Periodo	Cociente [kWh/persona]								Ahorro		
	Año 1	Año 2	Año 3	Prom.	Mín.	Máy.	Límite superior	Límite inferior	[kWh/Pers.]	[kWh/mes]	%
enero	11,2	12,2	11,1	11,5	11,1	12,2	12,6	10,3	0,4	389,9	3,5
febrero	11,5	10,8	12,8	11,7	10,8	12,8	12,9	10,5	0,9	851,9	7,7
marzo	12,7	12,4	11,6	12,2	11,6	12,7	13,4	11,0	0,6	606,0	5,3
abril	10,8	11,7	10,2	10,9	10,2	11,7	12,0	9,8	0,7	735,7	6,4
mayo	8,9	8,8	10,3	9,3	8,8	10,3	10,3	8,4	0,5	501,1	5,5
junio	9,5	8,4	10,3	9,4	8,4	10,3	10,3	8,5	1,0	953,2	10,7
julio	9,1	8,9	8,6	8,9	8,6	9,1	9,8	8,0	0,3	285,0	3,1
agosto	8,9	9,3	9,9	9,4	8,9	9,9	10,3	8,4	0,5	467,1	5,3
septiembre	8,8	8,6	8,8	8,7	8,6	8,8	9,6	7,8	0,1	123,0	1,4
octubre	11,8	11,3	12,4	11,8	11,3	12,4	13,0	10,6	0,5	480,2	4,4
noviembre	10,9	11,3	12,7	11,6	10,9	12,7	12,8	10,4	0,7	677,6	6,1
diciembre	10,9	11,5	12,7	11,7	10,9	12,7	12,9	10,5	0,8	735,0	6,5
Promedio	10,42	10,42	10,95	10,59	10,01	11,30	11,65	9,53	0,58	567,15	5,5

Como se observa, el valor del potencial de ahorro ajustado es 5,5%, muy similar a lo que se tendría bajo condiciones normales permanentes de funcionamiento. En la siguiente figura se observa igualmente como el ajuste permite mantener los datos dentro del rango de confiabilidad establecidos por los límites superior e inferior.



A4.3 Ajuste no rutinario en modelo estadístico

Para este ejemplo, se incluye un ajuste no rutinario derivado de una situación presentada durante el periodo de estimación de los ahorros, es decir, después del periodo de línea base, en la cual, durante los meses de mayo a septiembre se realizó una remodelación de todo un piso de la edificación, dejando de atender parte de los usuarios que fueron redireccionados a otra locación durante este tiempo, e igualmente, dejando fuera de funcionamiento todas sus unidades de acondicionamiento de aire durante este tiempo.

Lo anterior representó una disminución del consumo de energía reportado durante esos meses. Esta disminución fue del 25% de la energía al consumo durante esos meses.

La energía asociada al consumo se estima para cada mes utilizando la ecuación de la LBE_n, resultando en el término $m * Personas$:

$$E = m * Personas + E_0$$

Entonces, el ajuste no rutinario por esta situación se determina de la siguiente manera:

$$Ajuste\ no\ rutinario = (m * Personas_{modelo\ de\ LBE_n} - m * Personas_{modelo\ de\ mejores\ desempeños\ energéticos}) * 0,25$$

En la siguiente tabla se muestran los valores de los consumos de energía y de personas atendidas por mes, así como sus promedios.

Mes	Consumos energía [kWh/mes]				Personas atendidas [Personas/mes]			
	Año 1	Año 2	Año 3	Promedio	Año 1	Año 2	Año 3	Promedio
Enero	10.204	11.264	11.635	11.034	911	925	1.050	962
Febrero	11.112	10.886	11.158	11.052	969	1.008	870	949
Marzo	11.318	11.496	11.810	11.541	890	930	1.020	947
Abril	11.242	11.883	11.306	11.477	1.041	1.019	1.110	1.057
Mayo	11.277	12.486	11.839	11.867	993	1.061	870	975
Junio	11.715	11.009	11.870	11.531	968	984	900	951
Julio	12.219	11.719	11.891	11.943	1.045	987	1.080	1.037
Agosto	11.146	11.637	11.784	11.522	984	940	930	951
Septiembre	10.300	12.028	11.765	11.364	916	1.049	1.050	1.005
Octubre	11.348	10.383	10.783	10.838	964	919	870	918
Noviembre	11.434	11.435	10.639	11.169	1.048	1.016	840	968
Diciembre	11.374	11.662	10.927	11.321	1.039	1.018	810	956

Nota: Este ajuste no rutinario se hace con los valores promedio de las personas atendidas por mes ya que la situación que lo origina se da durante un lapso específico, y, por lo tanto, no se podría comparar el consumo de energía bajo esta situación con otro consumo de un mismo periodo específico del periodo de línea base.

Finalmente, se calcula el ahorro ajustado con el consumo de energía del con el modelo de LBE y el modelo de línea meta, aplicando el ajuste a los meses respectivos.

$$Ahorros_{modelo\ estadístico} = (Consumo\ energético_{modelo\ de\ LBEbase} - Consumo\ energético_{modelo\ de\ mejores\ desempeños\ energéticos}) \pm ajustes\ no\ rutinarios$$

Periodo de facturación	Consumos energía				Personas atendidas				Valor del consumo de energía según línea base, kWh/mes	Valor del consumo de energía según modelo de mejores desempeños, kWh/mes	Ahorro consumo línea base-valor modelo mejores desempeños, con ajuste no rutinario kWh/mes
	2017	2018	2019	Promedio	2017	2018	2019	Promedio			
Enero	10.204	11.264	11.635	11.034	911	925	1.050	962	11.350	10.947	404
Febrero	11.112	10.886	11.158	11.052	969	1.008	870	949	11.304	10.886	418
Marzo	11.318	11.496	11.810	11.541	890	930	1.020	947	11.296	10.876	420
Abril	11.242	11.883	11.306	11.477	1.041	1.019	1.110	1.057	11.684	11.384	300
Mayo	11.277	12.486	11.839	11.867	993	1.061	870	975	11.395	11.005	657
Junio	11.715	11.009	11.870	11.531	968	984	900	951	11.310	10.894	676
Julio	12.219	11.719	11.891	11.943	1.045	987	1.080	1.037	11.616	11.295	605
Agosto	11.146	11.637	11.784	11.522	984	940	930	951	11.312	10.897	676
Septiembre	10.300	12.028	11.765	11.364	916	1.049	1.050	1.005	11.502	11.145	632
Octubre	11.348	10.383	10.783	10.838	964	919	870	918	11.194	10.742	452
Noviembre	11.434	11.435	10.639	11.169	1.048	1.016	840	968	11.371	10.974	397
Diciembre	11.374	11.662	10.927	11.321	1.039	1.018	810	956	11.328	10.917	410
										% Ahorro promedio/mes	4,42%

De acuerdo con el modelo utilizado, el ajuste no rutinario que deba hacerse para estimar los ahorros genera que los ahorros potenciales que se pueden obtener, bajo una condición no rutinaria, es de 4.42% en promedio.

Anexo 5 - EJEMPLO DE AHORROS ESTIMADOS POR IMPLEMENTACION DE MEDIDAS ACTIVAS Y PASIVAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

De acuerdo con el numeral 8 del documento de la metodología, además de identificar el ahorro potencia por el mejor desempeño energético, es necesario estimar el potencial de ahorro energético que se obtendría por la implementación oportunidades de mejora de eficiencia energética, teniendo en cuenta los análisis y recomendaciones que resulten de una auditoria de eficiencia energética.

Para el caso de los ejemplos de los Anexos 1, 2 y 3, la Alcaldía ha evaluado que se pueden implementar algunas medidas de eficiencia energética cuyos potenciales de ahorro energético se muestran en la siguiente tabla:

Medidas de Eficiencia Energética – BPO	Ahorro Porcentual (%)
Plan de concientización y capacitaciones de ahorro energético funcionarios	2,91%
Instalación de termostato Automático para el aire acondicionado centralizado York 5TR	1,80%
Implementación de sensores de accionamiento para lámparas LED en la bodega.	1,63%
Implementación de un sistema de gestión de energía en la edificación	2,14%
Medidas de Eficiencia Energética - Medidas Pasivas	Ahorro Porcentual (%)
Implementación de películas de control solar en ventanas de la edificación	0,94%
Implementación de pintura reflectiva en el techo de la edificación	13,57%
Medidas de Eficiencia Energética - Reconversión tecnológica	Ahorro Porcentual (%)
Reemplazo de lámparas de sodio 250W y fluorescentes 2X32 W a lámparas de tecnología LED.	3,68%
Reemplazo de aires acondicionado por sistema de climatización VRF	23,55%

Teniendo cuenta la tabla anterior, el ahorro estimado por implementación de medidas de eficiencia energética sería del 50,22%.

Este valor debe ser sumado a los ahorros estimados por mejores desempeños energéticos obtenidos en los ejemplos de los Anexos 1, 2 y 3, según sea el caso.