



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE
INGENIERÍA

**DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE UN
ESTACIONAMIENTO COMERCIAL EN LA
CIUDAD DE MÉXICO**

TESIS

Que para obtener el título de:

**ESPECIALIDAD EN AHORRO Y USO
EFICIENTE DE LA ENERGÍA**

P R E S E N T A

Andrea Esther Sanromán W Reynoso

No. cuenta: 308301991

DIRECTOR DE TESIS

M.I. Verónica Flores García.

Ciudad de México

2021



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

1. Introducción	4
2. Objetivos	5
3. Alcance	5
4. Definiciones	6
5. Normatividad de referencia	7
6. Confidencialidad	8
7. Antecedentes	8
7.1 La organización	
7.2 El auditor energético	
7.3 Métodos de la auditoría energética	
7.4 Situación actual del caso de estudio	
8. Planificación de la auditoría	9
9. Marco Teórico	15
9.1 Ventilación	
9.2 Calidad del aire	
9.3 Iluminación	
10. Recopilación de datos	21
11. Evaluación del consumo energético	22
11.1 Ventilación	
11.2 Iluminación	
11.3 Análisis de facturación y lecturas con analizador de redes	
12. Determinación de los potenciales de ahorro de energía	33
12.1 Alternativas de ahorro para el sistema de ventilación.	
12.2 Alternativas de ahorro para el sistema de iluminación.	
12.3 Alternativas de ahorro para porteo de energía.	
13. Conclusiones y Recomendaciones	39
14. Bibliografía	41

TABLAS

Tabla 1. Detalles indicativos de los tipos de auditoría energética (tomada de ISO 50002:2014).

Tabla 2. Registro de facturación del periodo 2018-2019.

Tabla 3. Datos de placa y mediciones realizadas.

Tabla 4. Resultados de la evaluación de potencia estándar.

Tabla 5. Resultados de los cálculos para factores de carga y eficiencia estándar.

Tabla 6. Resultados para cálculo de eficiencia ajustada.

Tabla 7. Dimensiones del estacionamiento.

Tabla 8. Dimensiones de los tres niveles del estacionamiento y caudal correspondiente.

Tabla 9. Resumen de datos y resultados para el cálculo de DPEA.

Tabla 10. Resumen de los datos y resultados obtenidos del cálculo de índice de área.

Tabla 11. Resumen de los datos empleados, mediciones realizadas y resultados obtenidos.

Tabla 12. Datos empleados para la evaluación de la inversión en incremento de nómina.

Tabla 13. Resumen de los beneficios e inversión total para la instalación de sensores de presencia.

Tabla 14. Resumen de la evaluación del porteo de energía con diferentes tecnologías bajo el esquema actual de facturación por porteo de energía.

Tabla 15. Resumen de la evaluación del porteo de energía con diferentes tecnologías considerando un cambio en el esquema de facturación por porteo de energía.

FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo de una auditoría energética.

Figura 2. Distribución del consumo de energía eléctrica en el inmueble.

Figura 3. Valores de las concentraciones máximas permisibles de monóxido de carbono de acuerdo con diferentes regulaciones a nivel internacional: estándar ASHRAE 62.1-2019; EPA, 2019; NOM-172SEMARNAT-2019; NOM-021-SSA1-1993; Ministerio de Vivienda, 2006; Organización Mundial de la Salud, 2006.

Figura 4. Planilla 1, para mediciones en los espacios ubicados en el perímetro del estacionamiento (Elaboración propia con base en NOM-025-STPS-2008).

Figura 5. Planilla 2, para los espacios hacia el interior del estacionamiento (Elaboración propia con base en NOM-025-STPS-2008).

Figura 6. Gráfico de los datos de demanda y factor de potencia obtenidos con el analizador de redes.

Figura 7. Gráfico de los datos de consumo obtenidos con el analizador de redes.

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento económico de una región implica un aumento en el costo de bienes y servicios que produce durante un periodo determinado; a este crecimiento están relacionados indicadores económicos como la inversión de capital, el consumo per cápita, así como el consumo de energía asociado a estas actividades.

Este crecimiento económico y la urbanización de las ciudades han implicado, entre otras cosas, la transformación de éstas a estructuras que permitan el desarrollo de las actividades productivas y, en consecuencia, ha incrementado el uso de automóviles y vehículos para transporte y con ello la necesidad de espacios de estacionamiento.

En administración de empresas, un proyecto de inversión surge de la necesidad de resolver un problema o atender una demanda en el mercado; por lo que, desde el punto de vista administrativo y económico, la necesidad de espacios para estacionamiento representa una oportunidad de inversión que contribuye con el crecimiento económico de una región.

De forma paralela, la eficiencia energética se puede definir como el conjunto de acciones que conllevan a una reducción económicamente viable de la cantidad de energía necesaria para satisfacer las necesidades energéticas de los servicios y bienes que requiere la sociedad, asegurando un nivel de calidad igual o superior y una disminución de los impactos ambientales negativos derivados de la generación, distribución y consumo de energía (SEGOB, 2018).

Las normas internacionales (ISO) y Normas Oficiales Mexicanas (NOM's) tienen la finalidad de regular los procesos, productos, bienes, servicios y demás actividades, con el fin de lograr estándares mínimos de cumplimiento que permitan un desarrollo equitativo, competitivo y justo entre los sectores involucrados; por su parte, las NOM's en materia de eficiencia energética incentivan el aprovechamiento de la energía de manera sustentable y asegurar el uso eficiente de la energía en aparatos, equipos y sistemas que se fabriquen y comercialicen en el país (CONUEE, 2018).

El actual trabajo evalúa el consumo de energía eléctrica en un estacionamiento subterráneo; en este inmueble, la problemática surge del incremento en la facturación de energía eléctrica. Se espera que la caracterización del consumo energético y el desarrollo de estrategias de eficiencia energética tengan como beneficios reducir el consumo de los equipos de servicio y se logren ahorros en los costos operativos para poder asegurar el margen de utilidades sin implicar la calidad del servicio.

El análisis del consumo y gestión energética en estacionamientos no ha sido documentado de manera abundante, se espera que este trabajo contribuya a estudios posteriores en inmuebles del mismo tipo.

2. OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo es obtener la caracterización energética del inmueble de tal manera que permita la identificación de oportunidades de mejora y potenciales ahorros de energía con la intención de impactar y reducir los costos operativos e incrementar el margen de utilidades para la empresa.

Se espera mejorar la operación y servicio prestado por el estacionamiento a través del cumplimiento de los estándares de las normas oficiales mexicanas asociadas a la iluminación, calidad del aire y eficiencia de los equipos de servicio.

Objetivos particulares:

- i. Realizar un diagnóstico energético del inmueble.
- ii. Desarrollar estrategias de eficiencia energética que tengan como beneficio principal la reducción del consumo energético y los costos operativos.
- iii. Verificar la factibilidad técnica y económica para el cumplimiento de las normas mexicanas de eficiencia energética.

3. ALCANCE

En el último año hubo un incremento de más del 30% sobre el presupuesto proyectado para los costos de energía eléctrica, lo que ha impactado de manera negativa las utilidades de la empresa.

Por otro lado, no se cuenta con la caracterización energética del inmueble por lo que no se han podido desarrollar estrategias de gestión energética adaptadas a cada proceso o equipo de servicio. El alcance de este proyecto se limitará a los dos principales consumidores de energía: los sistemas de ventilación e iluminación.

El primer paso de este trabajo se enfocará en realizar un diagnóstico energético que indique cuales son los usos principales de la energía y las características de operación en el inmueble.

4. DEFINICIONES (CON BASE EN LA NORMA ISO 50002:2014)

1. *Auditoría energética*: análisis sistemático del uso y consumo de la 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 energético.
2. *Alcance*: delimitación de los usos de la energía y actividades relacionadas a ser incluidas en la auditoría energética definida por la organización en consulta con el auditor energético y puede incluir varios límites.
3. *Auditor energético*: persona o equipo de personas que realiza una auditoría energética.
4. *Consumo de energía*: cantidad de energía utilizada.
5. *Eficiencia energética*: proporción u otra relación cuantitativa entre el resultado en términos de desempeño, de servicios, de bienes o de energía y la entrada de energía.

Nota 1 a la entrada: Es necesario que, tanto la entrada como la salida, se especifiquen claramente en cantidad y calidad y sean medibles.

6. *Desempeño energético*: resultados medibles relacionados con la eficiencia energética, el uso de la energía y el consumo de energía.
7. *Indicador de desempeño energético (IDEn)*: Valor cuantitativo o medida del desempeño energético, tal como lo defina la organización.

Nota 1 a la entrada: Los IDEns pueden expresarse como una simple medición, un cociente o un modelo más complejo.

8. *Uso de la energía*: forma o tipo de aplicación de la energía.

EJEMPLO

Ventilación; iluminación; calefacción; refrigeración; transporte; procesos; líneas de producción.

9. *Organización*: compañía, corporación, firma, empresa, autoridad o institución, o parte o combinación de ellas, sean o no sociedades, pública o privada, que tiene sus propias funciones y administración y que tiene autoridad para controlar su uso y su consumo de energía.

Nota 1 a la entrada: Una organización puede ser una persona o un grupo de personas.

10. *Variable pertinente:* parámetro cuantificable que impacta en el consumo de energía.

EJEMPLO

Indicadores ambientales de clima; parámetros operativos (temperatura ambiente interior, nivel de luminosidad); horas de trabajo; desempeño productivo.

5. NORMATIVIDAD DE REFERENCIA

Las normas oficiales mexicanas (NOM's) establecen regulaciones técnicas que contienen información, especificaciones, procedimientos, instrumentos de medición y metodologías que deben cumplir los bienes y servicios para comercializarse en México (Secretaría de Economía, 2012).

Por su parte, las NOM-ENER son especificaciones técnicas que integran tecnología de punta para asegurar un uso más eficiente de la energía en aparatos, equipos y sistemas que se fabriquen y comercialicen en el país (CONUEE, 2018). La aplicación de estas normas contribuye con la preservación de los recursos energéticos y a disminuir la emisión de contaminantes al medio ambiente.

Es importante resaltar que no existen NOM's especializadas para estacionamientos por lo que se consideraron las siguientes normas de referencia:

1. **NOM-016-ENER-2016** – Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, en potencia nominal 0.746 a 373 kW. Límites, método de prueba y marcado: Debido a que los equipos de extracción dependen del trabajo mecánico otorgado por motores, se tomará en cuenta esta norma para medir la eficiencia de los motores en uso.
2. **NOM-013-ENER-2013** – Eficiencia energética para los sistemas de alumbrado en vialidades: En esta norma son especificados los valores de referencia para eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades, así como los valores mínimos de DPEA requeridos en estacionamientos públicos subterráneos.
3. **NOM-001-STPS-2008** – Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo. Condiciones de seguridad.
4. **NOM-025-STPS-2008** – Condiciones de iluminación en centros de trabajo: Se tomarán como referencia los valores correspondientes a los niveles de iluminación de acuerdo con las actividades desarrolladas en el interior del estacionamiento.

Como referencias para el desarrollo del diagnóstico energético se consultaron las normas ISO 5000:1 y 5000:2. Así mismo, se consideró pertinente tomar las NOM's: NOM-016-

ENER-2016, NOM-013-ENER-2013, NOM-001-STPS-2008, NOM-025-STPS-2008; como normas de referencia ya que no hay un marco normativo especialmente para estacionamientos que regulen los estándares mínimos de iluminación, salud/calidad del aire y eficiencia energética.

6. CONFIDENCIALIDAD

Los entregables e información generada durante este estudio se emplearán por la empresa concesionaria del estacionamiento analizado. Se autoriza la publicación de los resultados con los fines académicos expuestos por el auditor energético cuidando siempre no exponer información financiera o interna de la organización.

7. ANTECEDENTES

7.1 La organización

La empresa concesionaria del inmueble por analizar es una empresa mediana, enfocada a la operación de estacionamientos públicos y privados; participa a través de cuatro esquemas: adquisiciones, concesiones, rentas a largo plazo y servicios especializados en estacionamientos.

7.2 El auditor energético

La persona a cargo de la auditoría es una persona externa a la organización quien posee las habilidades, conocimientos y está familiarizada con los usos de la energía que serán auditados.

7.3 Métodos de la auditoría energética

De acuerdo con la norma ISO 50002:2014, el proceso de auditoría energética consta de las siguientes etapas, como se ilustra en la figura 1:

- a) planificación de la auditoría energética
- b) reunión de apertura y recopilación de datos
- c) plan de medición
- d) realización de la visita
- e) análisis
- f) informe de la auditoría energética
- g) reunión de cierre

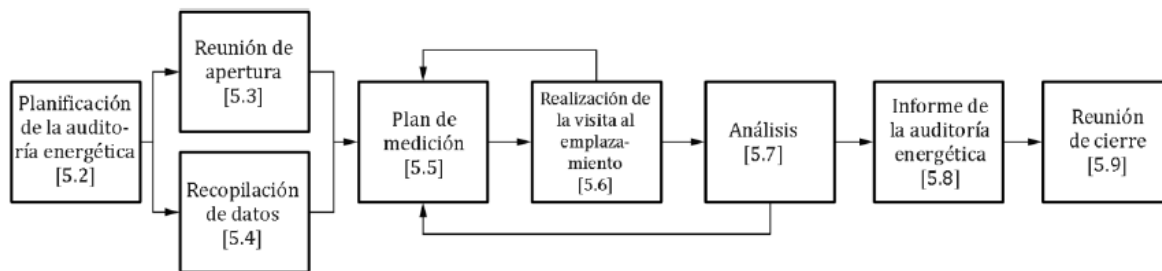


Figura 1. Diagrama de flujo de una auditoría energética.

7.4 Situación actual del caso de estudio

El actual caso de estudio evaluará el consumo y uso de la energía en un estacionamiento subterráneo de uso comercial ubicado al sur de Avenida Insurgentes en la Ciudad de México.

Este estacionamiento consta de tres niveles con un total aproximado de 28,880 m² construidos. La capacidad del inmueble asciende a un total de 892 lotes de estacionamiento para autos y 25 lugares para motocicletas (sólo ubicados en el sótano 1), el horario de servicio es de lunes a viernes de 07:00 a 20:00 hrs y sábados de 07:00 a 16:00 hrs.

De acuerdo con la guía publicada por CONUEE (2016), un *diagnóstico energético* consistente en un conjunto de técnicas que determinan la eficiencia con la que es utilizada la energía. Es una herramienta mediante la cual se pueden identificar ahorros potenciales de energía, así como la inversión necesaria para la implementación de las medidas de ahorro por lo que implica una evaluación de factibilidad tanto técnica como económica.

Al establecer, implementar, mantener y mejorar continuamente la administración de energía, una organización será capaz de lidiar no sólo con las oportunidades iniciales de ahorro de energía, sino que también será capaz de identificar y administrar dónde, cuándo y cómo se consume la energía e identificar mejoras y potenciales de ahorro energético de tal modo que se reduzcan los costos de operación (ISO 5001:2018).

8. PLANIFICACIÓN DE LA AUDITORÍA

Las actividades de planificación de la auditoría energética son esenciales para definir el alcance de ésta y su(s) objetivo(s), así como para reunir la información preliminar de la organización.

Con el fin de desarrollar el alcance de la auditoría energética y asegurar que se lleva a cabo una auditoría energética efectiva, se debe aplicar lo siguiente:

a) El auditor energético y la organización deben acordar:

1) Alcance de la auditoría energética y el(los) objetivo(s):

- **Alcance:**

En acuerdo con la empresa concesionaria y el auditor energético, el alcance de la auditoría se limitará a realizar la caracterización energética del inmueble para analizar el uso y consumo de energía presente y pasada, basada en la medición y otros datos (ej. facturación), identificar las áreas de uso significativo de la energía, priorizar y registrar las oportunidades de mejora del desempeño energético y estimar el uso y consumo futuro de la energía.

- **Objetivos:**

1. Realizar la caracterización energética a través de un diagnóstico energético para poder identificar las oportunidades de mejora y potenciales de ahorro energético.
2. Desarrollar estrategias financieras con base en la reducción del consumo energético que permitan reducir los costos operativos del inmueble.
3. Como parte del ejercicio académico, se explorará la factibilidad técnica y económica para el cumplimiento de las normas de referencia en materia de eficiencia energética.

2) Las necesidades y expectativas para alcanzar los objetivos de la auditoría:

- **Necesidades:**

Se requiere la identificación de los usos y consumos de energía dentro del inmueble.

- **Expectativas:**

Se espera que al realizar la caracterización energética del inmueble puedan identificarse potenciales de ahorro energético que se traduzcan en ahorros de costos operativos.

3) Nivel de detalle requerido:

Conforme con la clasificación de los tipos de auditorías indicados en el Anexo A de la norma ISO 5000:2 el tipo de auditoría que busca realizarse y cubra las necesidades expuestas por la organización es una auditoría tipo 1.

Las características de cada tipo de auditoría están dadas por la tabla 2:

Tipo	1	2	3
Aplicación típica	<p>Instalaciones/procesos o flotas.</p> <p>Adecuada para:</p> <ul style="list-style-type: none"> - auditoría energética de pequeñas organizaciones o instalaciones; o - auditoría preliminar para grandes organizaciones o instalaciones. 	<p>Único emplazamiento/proceso o flota.</p> <p>Auditoría de energía detallada.</p> <p>Generalmente no rentable para organizaciones con presupuestos bajos de energía</p>	<p>Todo el emplazamiento, proceso, sistema o flota.</p> <p>Auditoría energética exhaustiva con aportes significativos de la organización.</p> <p>Por lo general sólo rentable para organizaciones con alto gasto de energía o instituciones con metas de subsidios para inversiones de capital.</p> <p>También aplicables a nivel de sistemas (por ejemplo, aire comprimido).</p>
Necesidad cubierta del negocio	<p>Indicación de potenciales de ahorros y beneficios que podrían resultar al realizar investigaciones más detalladas, tales como auditorías energéticas del Tipo 2 o Tipo 3.</p> <p>Identificación de las áreas en las cuales enfocar los recursos de la gestión de la energía.</p> <p>Toma de conciencia mejorada de los costos de la energía y de los potenciales beneficios de la gestión de la energía.</p>	<p>Identificación y evaluación de un rango de oportunidades coherentes y específicas con costos y beneficios cuantificados.</p> <p>Identificación de oportunidades para investigaciones adicionales o más detalladas.</p> <p>Los auditores deberían tener habilidades y experiencia técnica, de gestión y profesional apropiadas, y familiaridad con los usos de la energía que están siendo auditados.</p> <p>Los auditores con habilidad profesional y pericia apropiadas, analizan los datos de energía y de procesos para identificar y evaluar las oportunidades.</p>	<p>Identificación y evaluación de un rango coherente y específico de oportunidades de mejora del desempeño energético con costos y beneficios identificados, incluyendo la cuantificación de beneficios no energéticos.</p> <p>Los auditores deberían tener experiencia y habilidades técnicas, de gestión y profesionales, y familiaridad con el uso de la energía específica que se audita, para analizar los datos de energía y procesos detallados para identificar y evaluar las oportunidades.</p> <p>Oportunidades de investigación más detallada.</p> <p>Consideración de las estrategias de negocio en la auditoría.</p>

Tipo	1	2	3
<p>Recopilación de datos</p>	<p>Formación técnica básica o formación básica en ingeniería con una comprensión general de las fuentes y sistemas energéticos.</p> <p>Datos de energía de la instalación, incluyendo submedidores y perfiles de carga diaria (cuando estén disponibles).</p> <p>Datos apropiados sobre las variables pertinentes (por ejemplo, datos de producción, datos de ocupación) para establecer IDEns a nivel general.</p> <p>Listas de equipos del emplazamiento para incluir datos de energía de la placa de identificación, descripción de equipos, esquemas de operación, factores de ocupación y estimación de los factores de carga.</p>	<p>Datos generales de energía, incluyendo los perfiles de carga diarios.</p> <p>Datos apropiados sobre variables pertinentes (por ejemplo, datos de producción, datos de ocupación), para establecer IDEns a nivel general para los usos de energía significativos.</p> <p>Datos de los submedidores.</p> <p>Uso completo de los datos de emplazamiento disponibles. No es necesario que el auditor tome mediciones adicionales como parte de la auditoría, a menos que éstas se requieran para cumplir requisitos del alcance de la auditoría.</p> <p>Los datos de energía y la información a ser recopilados en la auditoría podrían incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> - datos detallados sobre sistemas, procesos y equipos que consumen energía, incluyendo variables pertinentes conocidas; - configuración de equipos de seguimiento y análisis de la información; - documentos de diseño, operación y mantenimiento; - auditorías energéticas o estudios previos relacionados con la energía y el desempeño energético; - planes futuros que afectan el uso de la energía; - datos de producción y de procesos para evaluación del desempeño. 	<p>Perfil operativo o de carga del sitio o la flota.</p> <p>Variables apropiadas pertinentes (por ejemplo, datos de producción, datos de ocupación) para establecer IDEns a nivel general para los usos significativos de la energía.</p> <p>Datos de submedidores, evaluados por el nivel de perfil de carga para medidores significativos.</p> <p>Datos de consumo de energía para procesos, sistemas y equipos clave del emplazamiento.</p> <p>Uso completo de los datos disponibles del emplazamiento, incluyendo datos del intervalo medido; se debería considerar la instalación de submedidores adicionales para el seguimiento o realizar ejercicios de registro específicos.</p> <p>Los datos se deberían recopilar durante un período de tiempo suficiente para tomar en cuenta el rango de valores esperado para las variables pertinentes y las demandas del sistema.</p> <p>Los datos de energía y la información a ser analizados en la auditoría podrían incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> - datos detallados sobre sistemas, procesos y equipos que consumen energía, incluyendo las variables pertinentes conocidas; - configuración de equipos de seguimiento y análisis de la información; - documentos de diseño, operación y mantenimiento; - auditorías energéticas o estudios previos, relacionados con la energía y el desempeño energético; - planes futuros que afecten el uso de la energía; - información sobre cómo gestiona la organización su desempeño energético; - cotizaciones del proveedor para las oportunidades de mejora.

Tipo	1	2	3
Análisis	<p>Los datos de consumo de energía y de los equipos para organizarlos por equipos, sistemas y/o procesos.</p> <p>Uso de la energía, datos de equipos para preparar el balance preliminar de energía e identificar los usos significativos de la energía (USEs).</p> <p>Revisión de alto nivel de los perfiles de consumo para identificar anomalías en los patrones diarios, semanales, mensuales o estacionales.</p> <p>Comparación con puntos de referencia disponibles para identificar altos consumidores de energía o ineficiencias.</p>	<p>Análisis de los datos de energía actuales e históricos.</p> <p>IDEns a nivel de planta, flota, sistema, proceso o equipos para el análisis de oportunidades específicas, donde sea aplicable.</p> <p>Balance energético detallado, comparado con los datos de submediciones a nivel anual y de perfil, incluidas las variaciones estacionales o de producción, según corresponda.</p> <p>Balance de masa para equipos, sistemas y/o procesos que incluyan flujos significativos de productos que influyen en el consumo de energía, o análisis equivalente de energía y flujos de materiales.</p> <p>Balances utilizados para establecer el desempeño actual y el potencial de mejora.</p> <p>Evaluación de las opciones de diseño y configuración para cubrir las necesidades del sistema.</p> <p>Evaluación de las mejoras del desempeño energético asociados con cambios de equipos, sistemas o procesos.</p>	<p>Análisis de los datos de energía actuales e históricos</p> <p>IDEns a nivel de planta, flota, sistema, proceso o equipos para los usos significativos de la energía.</p> <p>Balance energético detallado, comparados con los datos de submediciones, usando datos de una frecuencia suficiente para capturar variaciones en el desempeño.</p> <p>Balance de masa para procesos que incluyan flujos significativos de producto que influyen en el consumo de energía (o análisis equivalente de energía y flujos de materiales).</p> <p>Evaluación de las opciones de diseño y configuración para cubrir las necesidades del sistema.</p> <p>Aplicación de un rango de métodos de análisis para explorar las relaciones entre el consumo de energía y las variables pertinentes.</p> <p>Recomendaciones para datos/investigación adicionales para mejorar la exactitud de los datos.</p>
Identificación de oportunidades	<p>Hacer un recorrido para inspeccionar visualmente los usos de la energía.</p> <p>Identificar y cuantificar oportunidades de mejora del desempeño energético de bajo costo y fácilmente identificables.</p> <p>Identificación de más oportunidades de mejora del desempeño energético de capital intensivo en un nivel genérico, pero que no se han materializado en una resolución técnica.</p>	<p>Uno o más estudios para identificar medidas de ahorro de energía en el emplazamiento, puede(n) satisfacer los requisitos de la auditoría.</p> <p>Identificación de un conjunto de mejoras del desempeño energético específicas e implementables, incluyendo acciones a corto, mediano y largo plazo, con ahorros energéticos comparados frente al balance energético detallado.</p> <p>Todas, o la mayoría, de las oportunidades de mejora del desempeño energético proporcionadas con costos y beneficios, incluyendo indicaciones de beneficios no energéticos (por ejemplo, ahorros en mantenimiento, mejora en seguridad o reducción del impacto ambiental).</p> <p>NOTA Los beneficios no energéticos podrían no siempre ser cuantificables dentro del alcance de la auditoría.</p> <p>La identificación de las oportunidades de mejora del desempeño energético donde serían necesarios datos/investigación adicionales, para mejorar o clarificar las medidas.</p> <p>Se podría proporcionar a la organización una lista borrador de las oportunidades a revisar, con el fin de confirmar la viabilidad o idoneidad de las oportunidades propuestas antes del análisis/investigación detallada.</p> <p>Comparación frente a puntos de referencia.</p>	<p>Uno o más estudios para identificar medidas de ahorro de energía en el emplazamiento, puede(n) satisfacer los requisitos de la auditoría.</p> <p>La cuantificación de un rango de oportunidades de mejora del desempeño energético específicas e implementables, incluyendo acciones a corto, mediano y largo plazo (si es requerido), con ahorros energéticos comparados frente al balance energético detallado.</p> <p>La identificación de las oportunidades de mejora del desempeño energético donde son requeridos datos/investigación adicionales, para mejorar la exactitud de los datos o evaluación.</p> <p>Presentación a la organización de una lista borrador de las oportunidades para discusión, con el fin de confirmar la viabilidad de las oportunidades antes del análisis/investigación detallada.</p> <p>Otros análisis, enfoques técnicos o experimentales (por ejemplo, ingeniería, ensayos de vehículos, estudios piloto, enfoques logísticos, simulaciones computacionales, encuestas ultrasónicas o imágenes termográficas) se pueden usar para comprender plenamente el consumo de energía.</p> <p>Discusión con vendedores para identificar o verificar las últimas tecnologías para mejoras del desempeño energético.</p>

Tipo	1	2	3
Evaluación de oportunidades	<p>Ahorros indicativos o típicos calculados, usando reglas comunes comparadas con la línea base energética.</p> <p>Nominación de períodos típicos de retorno de la inversión.</p> <p>Señalar las etapas requeridas para generar IDEns específicos que se pueden implementar.</p>	<p>Ahorros calculados utilizando oportunidades de mejora de desempeño energético específicas de tecnología comparadas con el balance energético detallado.</p> <p>Costos con base en la composición de elementos de capital y trabajo usando reglas de experiencia, costos estandarizados o información del proveedor fácilmente disponible. No se requieren cotizaciones del proveedor.</p> <p>La presentación del análisis económico acordado, típicamente incluye periodo de retorno de la inversión simple, pero puede incluir métodos tales como tasa interna de retorno (TIR) o valor actual neto (VAN).</p>	<p>Ahorros calculados utilizando oportunidades de mejora del desempeño energético específicas de tecnología comparadas con el balance energético detallado y teniendo en cuenta las interacciones del sistema.</p> <p>Costos calculados con base en la composición de elementos de capital y trabajo, al nivel de precisión requerido por el proceso de gasto de capital existente de la compañía.</p> <p>NOTA La organización podría necesitar ayudar al auditor con los datos de costo.</p> <p>Todas las oportunidades de mejora del desempeño energético proporcionadas con costos y beneficios, incluyendo los beneficios "no-energético".</p> <p>La presentación del análisis económico acordado, típicamente incluye como mínimo TIR o VAN con periodo de retorno de la inversión simple, para proporcionar entradas al proceso de gasto de capital de la organización.</p>
Salidas	<p>Identificación y evaluación básica de oportunidades de bajo costo que se pueden implementar fácilmente.</p> <p>Comprensión del consumo de energía a nivel de emplazamiento, sistema, proceso o flota.</p> <p>Toma de conciencia mejorada de la contribución relativa de cada fuente de energía, costos promedios unitarios de cada fuente y los beneficios potenciales de gestionar la energía.</p> <p>Determinación de la extensión de más oportunidades de capital intensivo.</p>	<p>Comprensión detallada del consumo y uso de la energía.</p> <p>Comprensión de la contribución relativa de cada fuente de energía del emplazamiento, costos unitarios promedio y marginales para cada fuente.</p> <p>Identificación y evaluación básica de las oportunidades de bajo costo que se pueden implementar fácilmente.</p> <p>Determinación y análisis, incluyendo el cálculo exhaustivo de ahorros y costos preliminares de inversión, para las medidas de capital.</p> <p>Compilación de datos para propósitos de la revisión energética/seguimiento.</p> <p>Perfil operacional y balance detallado de la energía.</p>	<p>Comprensión detallada del consumo y del uso de la energía.</p> <p>Identificación y análisis de las oportunidades de ahorro energético, incluyendo aquellas sin costo, de bajo costo y medidas de inversión de capital incluyendo beneficios energéticos y no energéticos, diseños preliminares de equipos o mejoras del proceso y requisitos de costos detallados.</p> <p>Datos para propósitos de revisión energética.</p> <p>Examinación de los sistemas de medición y recomendaciones para cubrir vacíos de datos.</p>

Tabla 2. Detalles indicativos de los tipos de auditoría energética (tomada de ISO 50002:2014).

4) Período de tiempo para completar la auditoría energética:

Se contará con 8 meses para realizar la auditoría energética.

5) Criterio de evaluación y priorización de las oportunidades para mejorar el desempeño energético:

Los potenciales de ahorro se evaluarán mediante el tiempo y tasas de retorno de la inversión, así como la evaluación de flujos descontados para cada una de las propuestas realizadas.

6) Compromisos de tiempo y otros recursos por parte de la organización:

La organización facilitará la información correspondiente al consumo de energía eléctrica, comunicación con el personal interno para el acceso a las instalaciones.

7) Datos pertinentes que tienen que estar disponibles antes del inicio de la auditoría energética:

Consumo histórico de energía, facturación y planos.

8) Entregables esperados y formato del informe:

Informe con resultados obtenidos. Se entregará de manera digital.

9) El representante de la organización responsable del proceso de auditoría energética:

Xavier Ignacio Salazar López - Proyectos Infraestructura -
xsalazar@invexinfraestructura.com

10) Proceso para acordar cualquier cambio en el alcance de la auditoría energética:

Para realizar cualquier cambio en el alcance, límites u objetivos de la auditoría energética se acordará una reunión entre el representante de la organización y el auditor energético para comentar y realizar los cambios pertinentes.

9. MARCO TEÓRICO

Conforme con la información recopilada en campo, así como la que fue proporcionada por la empresa, se identificaron dos sistemas principales consumidores de energía: ventilación e iluminación (ver figura 1).

De acuerdo con esta información, se considera abordar el presente caso enfocándose en los principales consumidores de energía, comenzando por la evaluación del sistema de ventilación y posteriormente el sistema de iluminación.

Actualmente la organización no tiene vigente ningún proyecto de expansión, restricción presupuestaria o mantenimiento de equipos que puedan afectar el desempeño energético del inmueble.

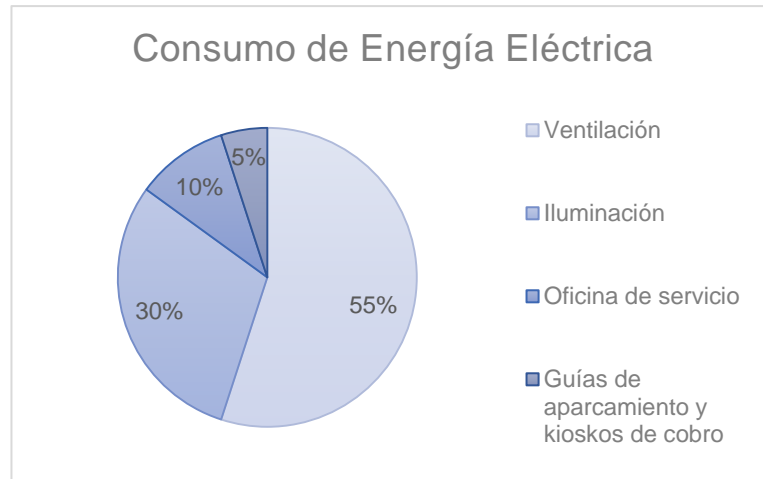


Figura 2. Distribución del consumo de energía eléctrica en el inmueble (Elaboración propia).

En las siguientes secciones se mencionan los aspectos teóricos de dichos sistemas.

9.1 Ventilación

Se entiende por ventilación la sustitución de una porción de aire, que se considera indeseable, por otra que aporta una mejora en pureza, temperatura y humedad. En el caso de los estacionamientos subterráneos, la ventilación resuelve funciones vitales para los usuarios tales como el suministro de oxígeno para su respiración, control de temperatura y velocidad con la que circula el aire.

Para efectuar una ventilación adecuada hay que atender a:

- a) Determinar la función a realizar (el calor a disipar, los tóxicos a diluir, los sólidos a transportar, etc.)
- b) Calcular la cantidad de aire necesaria.
- c) Establecer el trayecto de circulación del aire.

- Conceptos básicos sobre ventilación

- b. **Caudal** - La cantidad o Caudal Q (m^3/h) de aire que circula. - La sección S (m^2) del conducto. - La Velocidad v (m/s) del aire.

- c. **Presión** - El aire, para circular, necesita de una determinada fuerza que le empuje. Esta fuerza, por unidad de superficie, es lo que se llama Presión. Existen tres clases de presión:
- i. **Presión estática (Pe)** - Es la que ejerce en todas las direcciones dentro del conducto, en la misma dirección del aire, en dirección contraria y en dirección perpendicular, sobre las paredes de este. Si el conducto fuese cerrado, como un recipiente con el aire en reposo, también se manifestaría este tipo de presión. La Presión Estática puede ser positiva, si es superior a la atmosférica o bien negativa, si está por debajo de ella.
 - ii. **Presión dinámica (Pd)** - Es la presión que acelera el aire desde cero a la velocidad de régimen. Se manifiesta sólo en la dirección del aire y viene relacionada con la dirección de este, (de manera aproximada) por las fórmulas: $Pd = v^2 / 16$ (mm c.d.a.); $v = 4 \sqrt{Pd}$ (m/s).
 - iii. **Presión total (Pt)** - Es la presión resultante de la sumatoria de las dos presiones anteriormente descritas.

Por otro lado, los sistemas de ventilación pueden clasificarse de acuerdo con:

1. Según el medio de distribución del aire:
 - a. **Ventilación natural:** se realiza mediante aberturas como puertas, ventanas, chimeneas, entre otras. Suele ser incontrolable pues se rige por condiciones imprevisibles.
 - b. **Ventilación mecánica:** también conocida como ventilación forzada, se realiza mediante la extracción o inyección de aire debido a la generación de depresiones o sobrepresiones por medio de ventiladores accionados mecánicamente.
2. Según la fuente de contaminación:
 - a. **Ventilación general (o ambiental):** ingresa un caudal de aire en el interior con el fin de diluir los contaminantes y reducir sus concentraciones para poder alcanzar los límites permisibles, debe encontrarse una fuente de contaminación concreta y el flujo de aire debe de esparcir el contaminante

antes de ser extraído. Este tipo de ventilación también es empleada para controlar la temperatura en el interior.

- b. **Ventilación exhaustiva localizada:** se emplea para prevenir la exposición a los contaminantes mediante la captación directa del lugar donde se producen, evitando así la necesidad de dilución. Este tipo de ventilación deberá considerar: captación, canalización, filtro y extractor de aire.
3. Según los equipos de distribución utilizados:
- a. **Por sobrepresión:** el ingreso de aire se realiza mediante extracción mecánica y consisten en causar una sobrepresión, obligando al aire contaminado a salir a través de las rampas de acceso. Sin embargo, para largos recorridos, puede ocasionar altas concentraciones de monóxido de carbono por lo que su principal dificultad es evitar la conducción de aire contaminado hacia lugares transitados por los ocupantes.
 - b. **Por depresión:** en este tipo de sistema, la salida de gases se realiza mediante extracción mecánica y la entrada de aire se realiza mediante el diferencial de presión generado. Este sistema es el más utilizado debido a su control sobre la descarga, a través de conductos, hasta un lugar acorde a los parámetros indicados en la normativa vigente.

La ventilación en estacionamientos subterráneos tiene como objetivo central el suministro de aire fresco para la respiración de las personas y dilución extracción de polvo y gases de combustión (CO y CO₂) emitidos por los autos; así como del control de la temperatura debido al aporte térmico tanto de los usuarios como de los motores de combustión interna.

De acuerdo con la Norma Técnica complementaria para Proyectos Arquitectónicos (DOF, 2011), la ventilación en aparcamientos debe tener 10 cambios de aire por hora o un caudal mínimo de 120 l/s por plaza, si el sistema es de ventilación forzada, será de uso exclusivo para el estacionamiento y podrá optarse por la instalación de: a) extracción mecánica o b) con admisión y extracción mecánica. El inmueble estudiado utiliza ventilación mecánica con motores de 20 y 50 HP.

A nivel internacional, existen estándares y normas que establecen los límites permisibles de contaminantes en el aire para poder asegurar la calidad del aire exterior e intramuro y cuidar salud de los usuarios. En México, las normas oficiales (NOM's) en materia de salud y calidad del aire son las que establecen los límites permisibles para los contaminantes y material particulado.

9.2 Calidad del aire

El contaminante principal a regular dentro de los espacios de estacionamiento es el monóxido de carbono; este gas (inodoro e incoloro) juega un papel importante en la salud humana, al ser más denso que el oxígeno no puede ser desplazado de manera natural y los usuarios pueden llegar a inhalarlo; en concentraciones muy altas este compuesto es fatal por lo que los diferentes marcos normativos, establecen las concentraciones máximas admisibles de monóxido de carbono en el aire así como el tiempo de exposición:

Concentraciones máximas permisibles		
Norma	Tiempo de exposición [hrs]	CO máx [ppm]
ASHRAE	8	9
	1	35
Canadá	8	11 a 13
	1	25 a 30
España	8	50
	1	125
EPA	8	9
México	8	11

Figura 3. Valores de las concentraciones máximas permisibles de monóxido de carbono de acuerdo con diferentes regulaciones a nivel internacional: estándar ASHRAE 62.1-2019; EPA, 2019; NOM-172SEMARNAT-2019; NOM-021-SSA1-1993; Ministerio de Vivienda, 2006; Organización Mundial de la Salud, 2006 (Elaboración propia).

El manual de ventilación de *Soler & Palau* (2008) así como con el estándar *ANSI/ASHRAE 62.1-2019*, señalan que para el caso de estacionamientos subterráneos los extractores deben ser capaces de soportar temperaturas de 400°C durante 90 minutos, aplicar una extracción de 120 l/s (432 m³/h) por plaza de vehículo y que ningún punto del estacionamiento se encuentre a más de 25 m de un punto de extracción.

Para el caso de estudio actual, el sistema de ventilación depende del trabajo mecánico otorgado por tres motores eléctricos de 50 HP (x2) y 20 HP (x2), es importante mencionar que sólo uno de los dos motores de 50 HP se encuentra en funcionamiento. Este dato es relevante ya que considerar la eficiencia y funcionamiento de dichos motores puede tener implicaciones en los costos de operación.

Para la evaluación de dichos motores se buscará cumplir con los estándares señalados por la NOM-016-ENER-2016, la cual establece los límites de funcionamiento garantizar la eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos de inducción.

9.3 Iluminación

En el caso de los estacionamientos, la iluminación es un sistema que representa un gran consumo de energía eléctrica. El porcentaje del consumo total puede llevar a ser hasta del 40% (dependerá del tipo de tecnología o instalaciones complementarias); por lo que cualquier medida de ahorro energético en iluminación puede tener un impacto representativo en costos (Guía de Ahorro Energético en Garajes y Aparcamientos, 2007).

El diseño de iluminación en un estacionamiento es un factor crítico para su correcto funcionamiento y es necesario considerar que este es un lugar que pide seguridad, homogeneidad y uniformidad. Se debe tomar en cuenta que se trata de un lugar donde coincide gente de todas las edades y que el movimiento de los autos debe ser fluido.

La Densidad de Potencia Eléctrica para el Alumbrado (DPEA) es el índice de la carga conectada para alumbrado por superficie iluminada; de acuerdo con la NOM-013-ENER-2013, la DPEA para estacionamientos públicos cerrados o techados no debe ser mayor a 3 W/m².

Por otro lado, un lux es la unidad de medida para el nivel de iluminación de un área determinada; la NOM-025-STPS-2008 indica que los niveles mínimos para estacionamientos cubiertos son de 50 luxes y para poder determinar el número de mediciones a realizar es necesario calcular el índice de área:

$$IC = \frac{(x)(y)}{h(x + y)}$$

Donde:

x, y = largo y ancho, en metros.

h= altura de la luminaria respecto al campo de trabajo, en metros.

La tecnología empleada para la iluminación en el inmueble es, hasta el momento, la más eficiente (lámpara LED de tubo de 32 W), sin embargo, este sistema se mantiene encendido durante todo el horario de servicio, es decir, no existe un sistema de control por movimiento u ocupación en el inmueble.

Un adecuado sistema de control de alumbrado asegura mantener la calidad de iluminación siempre que sea necesario y durante el tiempo que sea preciso; con un

sistema de control apropiado pueden alcanzarse mejoras en la eficiencia energética en el sistema de iluminación. Un sistema de control de la iluminación completo combina sistemas de control de tiempo, control de la ocupación, así como la gestión de la iluminación y aprovechamiento de la luz diurna (en caso de ser posible) (Guía de Ahorro Energético en Garajes y Aparcamientos, 2007).

El diseño de un inmueble puede producir un espacio que sea eficiente energéticamente cuidando los aspectos estéticos y visuales, así como los parámetros de seguridad y salubridad necesarios. Como parte del diseño debe considerarse el uso de colores claros o brillantes (generalmente el color utilizado es blanco) para asegurar una correcta reflectancia de tal forma que se maximice la efectividad de la luz suministrada (Norma Técnica complementaria para Proyectos Arquitectónicos, 2011).

Para poder verificar los niveles de iluminación en el inmueble y saber si cumplen o no con los estándares mínimos para el desarrollo de las actividades en el interior, se tomarán como referencia las normas la NOM-013-ENER-2013 “Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades” y la NOM-025-STPS-2008 “Condiciones de iluminación en centros de trabajo”.

10. RECOPIACIÓN DE DATOS

De acuerdo con la primera visita para inspección del inmueble, pudo identificarse que el consumo de energía eléctrica en este estacionamiento tiene como principales consumidores los equipos de iluminación y ventilación (ver figura 1); en menor medida se consideran los kioscos de cobro, oficina de servicio y sistemas de aparcamiento guiado. Para efectos de este trabajo sólo se realizará la evaluación de los sistemas de ventilación e iluminación.

El inmueble cuenta con 892 lotes de estacionamiento para autos y 25 lugares para motocicletas (sólo ubicados en el sótano 1), el horario de servicio es de lunes a viernes de 07:00 a 20:00 hrs y sábados de 07:00 a 16:00 hrs.

Para otorgar el servicio, el estacionamiento cuenta con:

- 1. ± 260 Lámparas LED de tubo.**
- 2. 892 sensores para guiado de estacionamiento.**
- 3. Cuatro equipos de ventilación con motores de diferentes capacidades: 20 (x2) y 50 (x2) HP. Actualmente sólo está en funcionamiento 1 de los 2 motores de 50 HP.**

4. Cuatro equipos despachadores de boletos y kioscos de cobro.

Los equipos ventilación en uso tienen diez años en operación; estos equipos reciben inspección mensual y mantenimiento bimestral, sin embargo, no se cuenta con análisis o evaluación de su eficiencia.

Así mismo, la empresa proporcionó los datos de facturación del periodo 2018-2019, resumidos en la siguiente tabla:

No. de Servicio	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sep-18	oct-18	nov-18	dic-18	ene-19	feb-19	mar-19	abr-19
	12 abr - 15 may	15 may - 14 jun	14 jun - 16 jul	16 jul - 15 ago	15 jul - 13 sep	13 sep - 15 oct	15 oct - 14 nov	14 nov - 13 dic	13 dic 18 - 14 ene 19	14 ene - 13 feb	13feb- 13mar	13mar- 11abril
976940101091	\$ 56,801	\$ 57,189	\$ 69,685	\$ 68,268	\$ 73,072	\$ 83,916	\$ 78,524	\$ 77,701	\$ 60,987	\$ 67,034	\$ 64,114	\$ 65,855
976940101104	\$ 65,044	\$ 68,588	\$ 77,805	\$ 73,775	\$ 94,571	\$ 114,257	\$ 100,919	\$ 104,649	\$ 82,250	\$ 82,897	\$ 86,565	\$ 86,434
Total	\$ 121,845	\$ 125,777	\$ 147,490	\$ 142,043	\$ 167,643	\$ 198,173	\$ 179,443	\$ 182,350	\$ 143,237	\$ 149,931	\$ 150,679	\$ 152,289
Consumo kWh												
976940101091	18,286	16,242	17,532	16,903	16,154	17,404	15,843	15,741	15,144	16,234	15,113	15,491
976940101104	20,080	18,720	18,720	17,280	20,000	23,040	19,840	20,720	20,000	19,680	20,000	20,000
Costo \$/kWh												
976940101091	3.11	3.52	3.97	4.04	4.52	4.82	4.96	4.94	4.03	4.13	4.24	4.25
976940101104	3.24	3.66	4.16	4.27	4.73	4.96	5.09	5.05	4.11	4.21	4.33	4.32
Promedio	3.17	3.59	4.07	4.15	4.63	4.89	5.02	4.99	4.07	4.17	4.29	4.29

Tabla 2. Registro de facturación del periodo 2018-2019.

11. EVALUACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO

11.1 Ventilación

- a. Debido a que la ventilación natural es intermitente y difícil de controlar; y en los estacionamientos debe asegurarse la dilución el CO en la atmósfera interior, el sistema de ventilación es mecánico, es decir, dependerá del trabajo entregado por los motores eléctricos asociados.

Motores eléctricos

Al depender el sistema de ventilación del trabajo mecánico entregado por los motores eléctricos se consideró la evaluación de la eficiencia de estos equipos. Para el caso de estudio, sólo pudo verificarse el cumplimiento de la norma con uno de los motores eléctricos de 50 HP debido a que el otro motor de la misma capacidad se encontraba fuera de funcionamiento.

La **NOM-016-ENER-2016**, establece los límites para asegurar la eficiencia energética del funcionamiento de motores de corriente alterna, trifásicos y de inducción. El procedimiento marcado consiste en tres pasos para poder encontrar la eficiencia del motor de acuerdo con el Factor de Carga (FC) al que se encuentre operando.

Para obtener dicho FC se obtienen los datos de placa del motor y se realizan mediciones de Voltaje, Corriente y Factor de Potencia (FP). Los datos de placa se muestran en las siguientes tablas:

Datos de Placa	f	50 [Hz]	f.s.	1.25	
	P	50 [HP]		37.3 [kW]	
	n	95%	V placa [V]	230	
Mediciones					
Primera medición					
<i>Vab [V]</i>	215.1	<i>Ia [A]</i>	107	<i>F.P. a [%]</i>	0.85
<i>Vbc [V]</i>	216.1	<i>Ib [A]</i>	105.6	<i>F.P. b [%]</i>	0.81
<i>Vca [V]</i>	214.4	<i>Ic [A]</i>	101.4	<i>F.P. c [%]</i>	0.81
Segunda medición					
<i>Vab [V]</i>	212.9	<i>Ia [A]</i>	105	<i>F.P. a [%]</i>	0.85
<i>Vbc [V]</i>	213.8	<i>Ib [A]</i>	106.4	<i>F.P. b [%]</i>	0.83
<i>Vca [V]</i>	212.3	<i>Ic [A]</i>	101.7	<i>F.P. c [%]</i>	0.84
Tercera medición					
<i>Vab [V]</i>	214.2	<i>Ia [A]</i>	105.7	<i>F.P. a [%]</i>	0.86
<i>Vbc [V]</i>	215.1	<i>Ib [A]</i>	106.4	<i>F.P. b [%]</i>	0.82
<i>Vca [V]</i>	213.5	<i>Ic [A]</i>	107.9	<i>F.P. c [%]</i>	0.82
<i>V max [V]</i>	216.1				
<i>V min [V]</i>	212.3				

Tabla 3. Datos de placa y mediciones realizadas.

En el paso 1 se evalúa la potencia demandada a partir de las mediciones con la siguiente fórmula:

$$P_{std\ ele} = \frac{\sqrt{3} * (V_{std} * I_{std} * FP_{stp})}{1000} [kW]$$

Donde:

P std ele = Potencia medida

V std= Voltaje promedio medido

I std= Corriente promedio medida

FP std= Factor de potencia promedio medido

Con los datos de las mediciones obtenemos como resultado lo siguiente:

Paso 1

Evaluación de Potencia Estándar		V std	I std	FP std
Potstd [kW]	32.48	214.16	105.23	0.83

Tabla 4. Resultados de la evaluación de potencia estándar.

Posteriormente, se calculará el factor de carga utilizando la siguiente ecuación:

$$FC\ std = \left[\frac{(Pot\ std\ ele) * \eta}{hp\ placa * 0.746} \right]$$

Este factor de carga nos sirve para calcular la Eficiencia estándar (η_{std}), interpolando los factores de carga de 0.5 y 0.75 de la tabla de eficiencias del FIDE para utilizar la fórmula siguiente:

$$\eta\ std = \left[\frac{(FC\ std - FC_1)}{FC_2 - FC_1} \right] * (\eta_2 - \eta_1) + \eta_1$$

Obteniendo los siguientes resultados:

Paso 2					
FC	83%	FC 1	FC2	n2	n1
n std	93%	0.5	0.75	0.9252	0.9175

Tabla 5. Resultados de los cálculos para factores de carga y eficiencia estándar.

Para el tercer paso, se efectúan ajustes a la eficiencia por diferencias de tensiones y desbalanceo de las mismas, adicionalmente se pueden realizar ajustes por rebobinados si fuera el caso y ajustes por antigüedad.

$$\eta_{std\ ajustada} = FA_{DV} (\eta_{STD} + FA_{VV} - FA_{RE})$$

Paso 3		FA dv	FA vv	FA re
n std ajustada	0.827487128	0.9998968	0.01205296	1
VV std	0.06888889	FA datt	FA antigüedad	
DV std	0.009079589	1		8

Tabla 6. Resultados para cálculo de eficiencia ajustada.

Teniendo como resultado una eficiencia de: $\eta_{STDajustada} = 0.8274$.

El motor analizado cuenta con algunas intervenciones como rebobinado, lubricación y limpieza por mantenimiento, por lo que su eficiencia menor al 90% puede relacionarse con dichas intervenciones.

De acuerdo con los cálculos realizados, el inmueble estudiado no cumple con la eficiencia del 90%, por lo que de acuerdo con el sistema de cobro de la CFE (Comisión Federal de electricidad) es acreedor a una penalización por bajo factor de potencia. Sin embargo, el inmueble cuenta con un banco de capacitores que sirve como apoyo para cumplir con el factor de potencia mayor al 90%, lo que puede observarse en los recibos proporcionados por la empresa concesionaria. Pese a que esta estrategia cumple de manera administrativa con el porcentaje del factor de potencia requerido, la energía en este inmueble no tiene un uso eficiente.

Una sugerencia para ahorro y uso eficiente de la energía es la compra de motores de alta eficiencia, pero debido a que se trata de un contrato por concesión del inmueble, no resulta rentable para la empresa la inversión en un cambio de motores ya que su contrato vence en dos años y no se cuenta con el tiempo suficiente para recuperar dicha inversión.

b. Calidad del aire

Para poder asegurar la calidad del aire al interior del inmueble, se verificó que el sistema de ventilación cumpliera con las características señaladas en la **NOM-001-STPS-2008** y la Norma Técnica Complementaria para el Proyecto Arquitectónico (DOF, 2011).

La NOM-001-STPS-2008 señala que cuando se empleen equipos mecánicos, su funcionamiento debe comenzar antes de que las instalaciones sean ocupadas por los ocupantes regulares. El funcionamiento de los sistemas de ventilación en el inmueble analizado tiene un horario de operación de 07:00 a 20:00 por lo que cumple con lo señalado en esta norma ya que el servicio de estacionamiento inicia a las 08:00 hrs.

Los conductos de ventilación en el inmueble estudiado tienen las siguientes dimensiones:

	x	y	h	m² (sección transversal)
Conductos de ventilación	0.70	0.45	2	0.315

Tabla 7. Dimensiones de los conductos de ventilación.

Se sabe que el caudal es función del área transversal y la velocidad con la que viaja el aire. Por lo que el caudal en el estacionamiento estudiado será:

$$Q = A * v = (0.315 \text{ m}^2) * (2.5 \text{ m/s}) = 0.7875 \text{ m}^3/\text{s}$$

Este valor cumple con ser mayor con el valor establecido al manual Soler & Palau (2008) y el estándar ANSI/ASHRAE 62.1-2019 que se señala es necesario mantener un caudal mínimo de 120 l/s o 432 m³/h (0.12 m³/s).

Por su parte, la Norma Técnica Complementaria para el Proyecto Arquitectónico (DOF, 2011) señala que para el caso de los estacionamientos es reglamentario realizar 10 renovaciones de aire por hora, entonces:

Sótano	x	y	h	m ³	Caudal [m ³ /h]	Caudal [l/min]
1	96	86.4	2	16,589	165,888	9,953
2	113	87	2	19,662	196,620	11,797
3	113	103	2	23,278	232,780	13,967

Tabla 8. Dimensiones de los tres niveles del estacionamiento y caudal correspondiente.

Para poder verificar si los motores instalados cubren la demanda del caudal necesario, se utilizará la fórmula de potencia donde:

$$HP = \frac{\text{Presión (bar)} * \text{Caudal (l/min)}}{450}$$

Calculando para el sistema estudiado, se tiene que:

- **Sótano 1** = [(0.780203) * (9,953 l/min)] / 450 = 17.2568 HP → 20 HP.
- **Sótano 2** = [(0.780203) * (11,797 l/min)] / 450 = 20.4538 HP → 25 HP.
- **Sótano 3** = [(0.780203) * (13,967 l/min)] / 450 = 24.2154 HP → 25 HP.

De lo anterior puede observarse que el inmueble tiene un sobre dimensionamiento de los motores asociados al sistema de ventilación; sin embargo, es importante mencionar que aunque actualmente hay dos secciones en todo el edificio (una comercial y otra de uso particular para las oficinas administrativas) la concesionaria sólo tiene contrato en la parte asociada a la plaza comercial por lo que el aparente sobredimensionamiento de los equipos de servicio podría explicarse como una consecuencia del acuerdo comercial para la concesión del inmueble.

11.2 Iluminación

Para prestar su servicio, el estacionamiento depende en gran medida de los correctos niveles de iluminación del inmueble para poder brindar seguridad y homogeneidad visual a los usuarios.

Para verificar los niveles de iluminación en el estacionamiento se tomaron de referencia los niveles señalados en la NOM-013-ENER-2013 la cual señala que para el caso de los estacionamientos públicos cerrados o techados, la Densidad de Potencia Eléctrica para el Alumbrado (DPEA), no debe ser mayor a 3 W/m².

El cálculo de la densidad de potencia eléctrica para el alumbrado DPEA, se obtendrá conforme la siguiente fórmula:

$$DPEA = \frac{\text{Carga total conectada para alumbrado}}{\text{Area total iluminada}}$$

Al realizar el análisis de los niveles DPEA del inmueble estudiado se encontró que los tres niveles del estacionamiento cumplen conforme lo señalado en la norma, es decir, todos los valores obtenidos fueron menores a 3 W/m², como puede observarse en la siguiente tabla:

Tipo de lámpara:		Lámpara de tubo LED (32w) (único tipo de luminaria en el inmueble)			
Sótano	No. de cajones	No. de lámparas	W	m ²	DPEA
1	261	130	4,160	8,294	0.5015
2	237	145	4,640	9,831	0.4720
3	419	211	6,752	11,639	0.5801

Tabla 9. Resumen de datos y resultados para el cálculo de DPEA.

Así mismo, esta norma incluye verificar el factor de reflexión de luz de las superficies y áreas de trabajo. El factor de reflexión es el cociente de E₁/ E₂, donde E₁ y E₂ son las mediciones realizadas con la fotocelda del luxómetro ⁽²⁾ colocada de cara a la superficie con una distancia aproximada de 10 cm. Así mismo, esta norma señala que los niveles máximos permisibles de reflexión son de 60% para paredes y 50% para planos de trabajo.

Para poder establecer el número de mediciones a realizar es necesario calcular el índice de área con la siguiente fórmula:

$$IC = \frac{(x)(y)}{h(x + y)}$$

Donde:

x, y = largo y ancho, en metros.

h= altura de la luminaria respecto al campo de trabajo, en metros.

Para el inmueble analizado, las medidas e índice de área fueron los siguientes:

Sótano	x	y	h	m ²	IC
1	96	86.4	2	8,294	22.74
2	113	87	2	9,831	24.58
3	113	103	2	11,639	26.94

Tabla 10. Resumen de los datos y resultados obtenidos del cálculo de índice de área.

De acuerdo con lo señalado por la norma y conforme a las dimensiones del inmueble y cálculos obtenidos, las mediciones necesarias para poder determinar el índice de reflexión son de 25: para poder realizar las mediciones también es necesario determinar la geometría con la que éstas se realizarán.

Para el caso de estudio se determinaron dos plantillas, tomando en cuenta la disposición de las luminarias en cada nivel. Debido a que el acomodo de las luminarias es repetitivo en todos los niveles, se determinaron dos tipos de planillas (ver figuras 4 y 5) para realizar las mediciones correspondientes, quedando la primera planilla (o geometría de medición) confeccionada para las zonas perimetrales del estacionamiento y la segunda planilla para las zonas centrales (o interiores) del mismo.

Una vez establecido el plan de medición y geometrías correspondientes, se realizaron las lecturas en los tres niveles del estacionamiento con un luxómetro para poder medir los niveles de iluminación y reflexión.

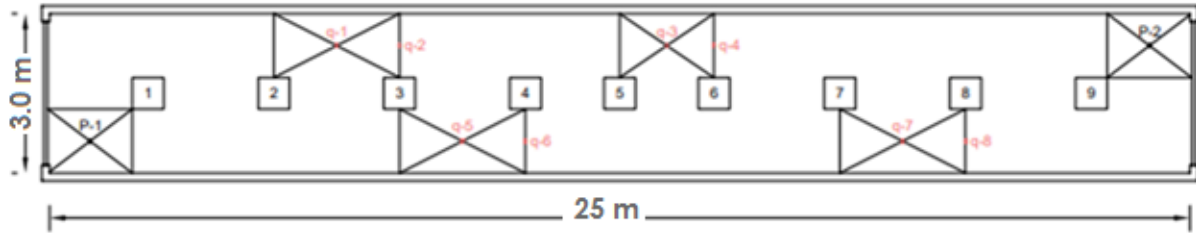


Figura 4. Planilla 1, para mediciones en los espacios ubicados en el perímetro del estacionamiento (Elaboración propia con base en NOM-025-STPS-2008).

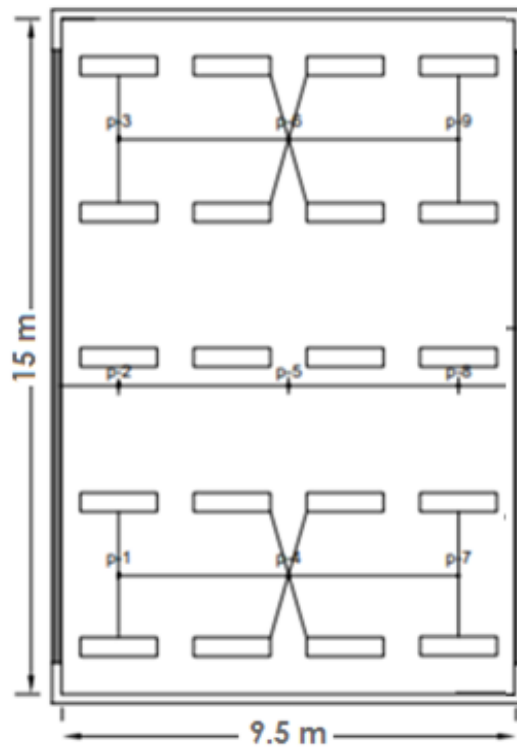


Figura 5. Planilla 2, para los espacios hacia el interior del estacionamiento (Elaboración propia con base en NOM-025-STPS-2008).

Las mediciones obtenidas se resumen en la siguiente tabla:

Ubicación	Fecha	Horario de medición	Punto	Medición realizada [Lux]	Horario de medición	Punto	Medición realizada [Lux]
Planilla 1				Planilla 2			
Sótano 1	22/05/2019	19:00:00			09:30:00		
H = 2 [m]			P1	4		P1	133
No. Lámparas = 130			q1	51		P2	39

E1= 64 luxes.		q2	224	P3	47
E2 = 135 luxes.		q3	11	P4	111
Kf =	47.41%	q4	19	P5	42
Área de iluminación (m²)		q5	28	P6	41
8,294		q6	167	P7	94
Carga (W)		q7	55	P8	42
4,160		q8	222	P9	25
DPEA (w/m²)		P2	36		
0.5015		Ep	81.70	Ep	63.78
Sótano 2	22/05/2019	19:25:00		10:15:00	
H = 2 [m]		P1	6	P1	135
No. Lámparas = 145		q1	53	P2	39
E1 = 45 luxes.		q2	221	P3	36
E2 = 82 luxes.		q3	8	P4	107
Kf =	54.88%	q4	21	P5	44
Área de iluminación (m²)		q5	25	P6	40
9,831		q6	164	P7	91
Carga (W)		q7	52	P8	31
4,640		q8	219	P9	28
DPEA (w/m²)		P2	33		
0.4720		Ep	80.20	Ep	61.22
Sótano 3	22/05/2019	19:45:00		10:50:00	
No. Lámparas = 211		P1	6	P1	130
E1 = 53 luxes.		q1	53	P2	39
E2 = 108 luxes:		q2	219	P3	41
Kf =	49.07%	q3	11	P4	108
H = 2 [m]		q4	20	P5	46
Área de iluminación (m²)		q5	23	P6	38
11,639		q6	167	P7	91
Carga (W)		q7	51	P8	39
6,752		q8	223	P9	28
DPEA (w/m²)		P2	34		
0.5801		Ep	80.70	Ep	62.22

Tabla 11. Resumen de los datos empleados, mediciones realizadas y resultados obtenidos.

Las mediciones obtenidas indican que los niveles de iluminación y parámetros de reflexión son óptimos para el inmueble en dos de sus tres niveles por lo que se sugiere la instalación de tres luminarias más en el sótano dos para poder cumplir con los niveles mínimos de iluminación señalados por la norma.

Por otro lado, de acuerdo con la a la **NOM-025-STPS-2008** y **NOM-013-ENER-2013**, los niveles mínimos de iluminación para estacionamientos cubiertos son de 50 luxes, para el caso de estudio cumplieron dos de los tres niveles con lo establecido por la norma; en el sótano 2 se obtuvieron mediciones de 45 luxes, es decir, no cumple con lo señalado por la norma.

11.3 Análisis de facturación y lecturas con analizador de redes

Como parte del diagnóstico energético del inmueble, es necesario conocer el esquema tarifario con el que se factura la energía eléctrica. El estacionamiento analizado tiene un esquema tarifario Gran Demanda Baja Tensión (GDBT), esta tarifa se aplica a los servicios que destinen energía de baja tensión a cualquier uso con una demanda mayor a 25 kW, los costos en la tarifa variarán de acuerdo con la región tarifaria (CFE, 2019).

El cargo principal en la facturación eléctrica es el de *energía (kWh)*, este cargo depende de la demanda por el número de horas en funcionamiento; a mayor demanda y tiempo de uso, mayor será el consumo de energía y los costos asociados. Adicional al cargo por energía, existe un cargo por *demanda (kW)*; este cargo depende de la demanda máxima en un momento en específico.

Los cargos en la tarifa final del suministro básico corresponden a la integración de los cargos por transmisión, distribución, operación de CENACE, operación del suministro básico, servicios conexos, energía y capacidad (demanda) (CFE, 2019).

Para la Comisión Federal de Electricidad (CFE), el cargo por demanda corresponderá a la demanda máxima promedio en un periodo de 15 minutos, es decir, el bloque de 15 minutos en el que se consuma más energía en todo el periodo, se obtendrá el promedio de demanda y sobre esta demanda se aplicará el cargo (CFE, 2019).

Se realizó la toma de lecturas para verificar las condiciones de trabajo y operación de los equipos de servicio en el inmueble, se solicitó a la empresa concesionaria la facturación 2018-2019, para poder analizar las tendencias de consumo.

- Condiciones de medición.

En el estacionamiento estudiado, los equipos de servicio mantienen un horario de operación continuo desde la apertura hasta el cierre del inmueble, por lo que, en total, los equipos permanecen encendidos 22 de las 22 horas semanales de servicio. Idealmente, la toma de datos para verificar las condiciones de operación y determinar una línea base es de 7 días.

Debido a las condiciones de contingencia no había forma de garantizar la seguridad del equipo durante una semana, sin embargo, se consideró que las condiciones actuales de operación de los equipos son constantes, es decir, no sufren cambios de encendido y apagado durante el día por lo que se decidió realizar la lectura con el analizador de redes para tomar los datos de tres días de operación.

Un analizador de redes eléctricas es un dispositivo multifunción que mide con precisión la corriente continua, la corriente alterna, la intensidad de corriente DC, la intensidad de corriente AC y la potencia. Registra en memoria digital estos parámetros en sistemas monofásicos y/o trifásicos; la programación puede realizarse para que las mediciones se realicen cada minuto, 5 minutos, 15 minutos durante un periodo de 24 horas, 48 horas o 72 horas; esto puede de gran utilidad para determinar el comportamiento en el arranque de algún equipo en particular.

Con las lecturas obtenidas con el analizador de redes, pudo verificarse que el factor de potencia se mantiene en el 90% (ver figura 5) lo cual también puede ser verificado dado que en los recibos proporcionados se observan bonificaciones y no penalizaciones relacionadas con el factor de potencia.

Se pudo observar que el consumo promedio de energía es de 1,206 kWh diarios (ver figura 6), esta información discrepa de las lecturas observadas en los recibos de luz, sin embargo, estas diferencias podrían estar relacionadas a que los recibos reflejan lecturas tomadas con todos los motores de ventilación funcionando, pero en la operación diaria uno de los dos motores de 50 HP se mantiene fuera de funcionamiento. Este motor permanece fuera de operación como parte de una medida de ahorro tomada por la empresa ya que se consideraba que había una ventilación “sobrada”.

De acuerdo con los cálculos realizados en la sección de *ventilación*, pudo observarse que el inmueble tiene un sobredimensionamiento en los motores asociados a este sistema; los resultados obtenidos indican que sólo son necesarios dos equipos de 25 HP y uno de 20 HP, por lo que podría entenderse que uno de los motores de 50 HP permanezca fuera de funcionamiento.

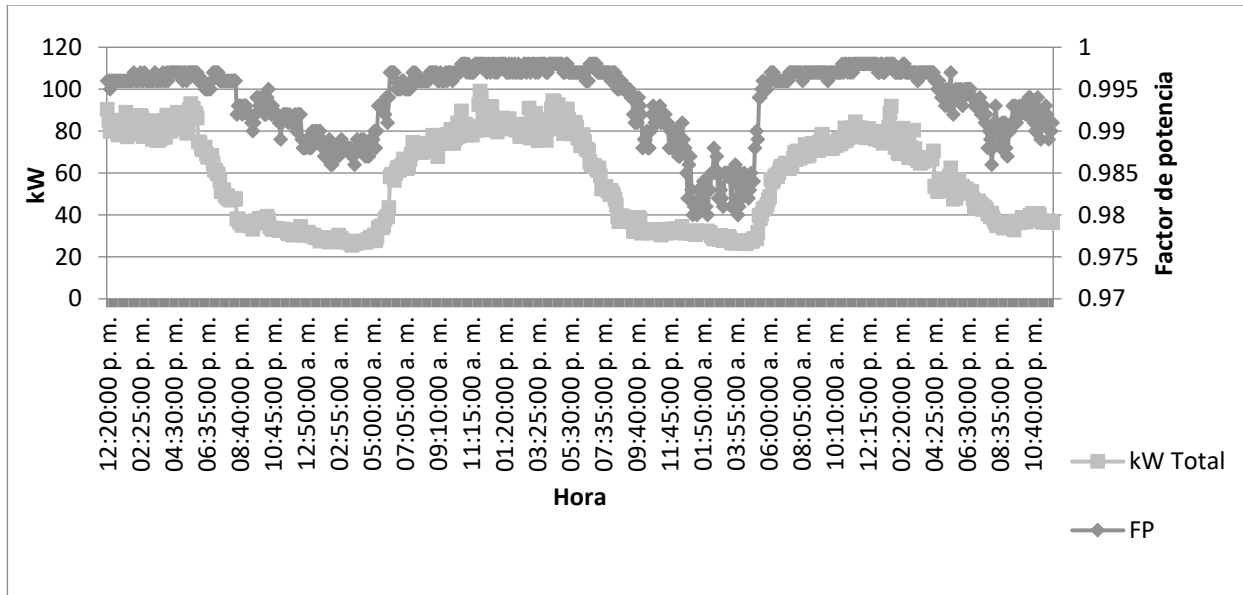


Figura 6. Gráfico de los datos de demanda y factor de potencia obtenidos con el analizador de redes.

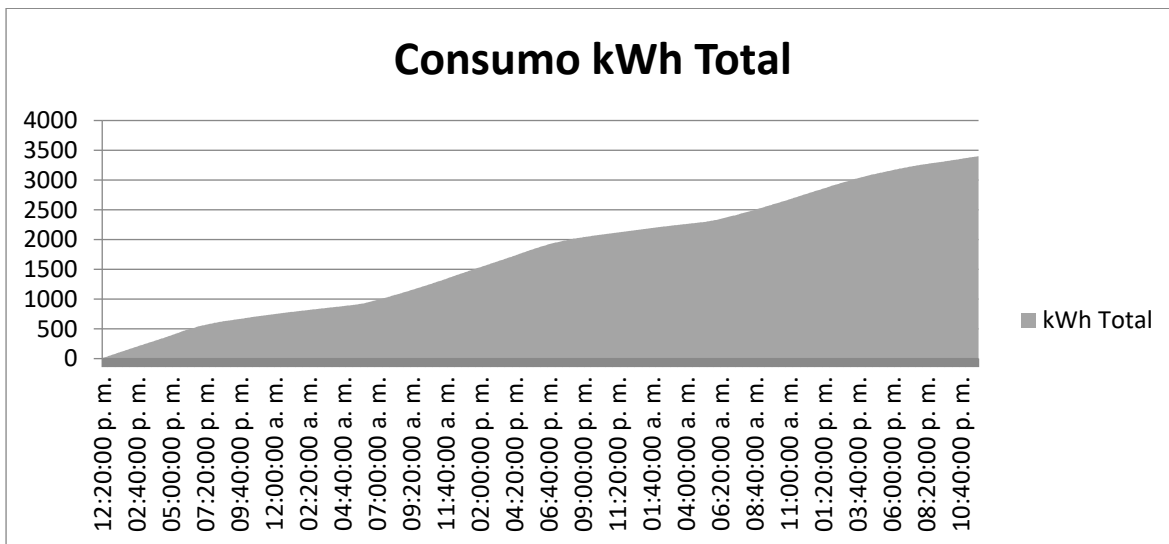


Figura 7. Gráfico de los datos de consumo obtenidos con el analizador de redes.

12. DETERMINACIÓN DE LOS POTENCIALES DE AHORRO DE ENERGÍA

12.1 Alternativas de ahorro para el sistema de ventilación.

Con base en los horarios de servicio y cálculos realizados, se sugiere programar el uso de los equipos de ventilación dejando los dos equipos de 20 HP desde el inicio de

actividades y reservar los motores de 50 HP para los horarios de mayo demanda, de 12:00 a 16:00 hrs. Se sugiere la programación de encendido manual de los sistemas de ventilación del primer nivel y retrasar el encendido de los sistemas de ventilación en el nivel 3 hasta las 12:00 hrs manteniéndolos hasta las 17:00 hrs.

Al administrar el uso de los sistemas de ventilación y reservar los equipos de mayor capacidad (además instalados en los últimos niveles del estacionamiento) a los horarios de mayor demanda, podría lograrse una reducción en el consumo energético de un porcentaje considerable (estimación > 10%) contra el recibo actual de CFE.

Para poder calcular el potencial de ahorro para el sistema de ventilación, se consideró un aumento en nómina al auxiliar de operaciones para la implementación del sistema programado:

Datos:		Costos Unitarios	•TSR
Consumo motor 50 HP =	4,476 kWh/mes	Auxiliar operaciones \$ 6,000.00	0.56 meses
Costo Prom. Energía =	2.3828 \$/kWh	(aumento anual)	0.05 años
		\$ 6,000.00	
Factor de emisión CO ₂ por consumo de electricidad (2018):	0.527 TonCO ₂ /MWh		
		•Inversión Total	•Reducción de CO ₂
		\$ 6,000.00	2.36 Ton CO ₂ /mes
			28.27 Ton CO ₂ /año

Tabla 12. Datos empleados para la evaluación de la inversión en incremento de nómina.

En el caso de este sistema, se calculó a un año ya que se trata de una medida de carácter operativo; sin embargo, puede observarse que en medio año la inversión del aumento en nómina se ha recuperado y además logran evitarse más de 20 toneladas anuales de CO₂. Adicionalmente, el ahorro de 4,476 kWh / mes se traduce en un beneficio económico de \$10,663 mensuales en el recibo de CFE por lo que también se cumple con el ahorro del 10% sobre facturación inicialmente estimado.

Pese a que la reducción de las emisiones de CO₂ no puede citarse como una razón principal para la ISO 5001 o alguna otra norma, cualquier reducción en el consumo energético tendrá una correlación directa con la reducción de la “huella de carbono” (ISO 5001:2018).

12.2 Alternativas de ahorro para el sistema de iluminación.

La tecnología empleada para la iluminación en el inmueble es, hasta el momento, la más eficiente, sin embargo, este sistema se mantiene encendido de manera constante y

uniforme, es decir, no existe un sistema de control por movimiento u ocupación en el inmueble.

No tener un sistema automatizado de la iluminación puede afectar los costos en energía eléctrica de manera considerable por lo que se sugeriría una programación rutinaria para el control y monitoreo de encendido en niveles en donde la ocupación sea mínima o bien, se opte por una inversión de bajo costo en equipos de control (como controles de tiempo o relevadores fotocelda) o sensores de presencia.

Para poder realizar una valoración económica sobre la instalación de los sensores, se seleccionó un modelo ultrasónico, dicho modelo tiene un alcance de 11 m de diámetro y 2.5 m de altura por lo que para poder tener cobertura total en el inmueble será necesaria la instalación de 54 dispositivos.

Proyecto de Iluminación:	
Ficha Técnica:	Instalación de sensores ultrasónicos de presencia y movimiento para el control de luminarias
Descripción de la medida:	Instalar un total de 54 sensores en los tres niveles del estacionamiento
•Beneficios energéticos (kWh/mes):	1,571
•Beneficios económicos (\$/mes):	3,743
•Beneficios ambientales (ton CO ₂ /año):	9.94
•Inversión (\$):	\$91,206.00
Considerando:	MO = \$300 /lamp Material = \$1,389 /lamp
•TSR (meses):	24.36


Imagen	Modelo	No. de Sensores	Tipo	Timepo Oper. (h/mes)	Potencia (W)	Consumo Mensual	Ah Energía kWh/mes	Ah. Econ [\$ /mes]	Ah Energía MWh/mes
	Leviton Sensor Ultrasónico de Techo Cobertura 360°. Diámetro de alcance 11m; altura 2.5m.	54	Ultrasónico	720.00	7	\$ 272.16	1,571.04	3,743.47	1.57
Datos:				Costos Unitarios				•TSR	
Consumo LED 32W (30%) =		1,843 kWh/mes		Costo Sensor= \$ 1,389.00				24.36 meses	
Costo Prom. Energía =		2.3828 \$/kWh		Costo M.O. = \$ 300.00				2.03 años	
				\$ 1,689.00					
Factor de emisión CO₂ por consumo de electricidad (2018):		0.527 TonCO ₂ /MWh		•Inversión Total				•Reducción de CO₂	
				\$ 91,206.00				0.83 Ton CO₂/mes	
								9.94 Ton CO₂/año	

Tabla 13. Resumen de los beneficios e inversión total para la instalación de sensores de presencia.

Como puede observarse, resulta viable la instalación de estos sensores ya que el tiempo de recuperación de la inversión es de 2.03 años y de manera simultánea se están reduciendo casi 10 toneladas de dióxido de carbono a la atmósfera.

12.3 Alternativas de ahorro para porteo de energía.

Dado que la renovación de los motores no es un panorama viable para la compañía concesionaria se plantea como un escenario adicional a los sistemas de automatización de la iluminación y gestión, la opción del porteo de energía, es decir, la compra de energía de fuentes limpias o renovables.

La nueva regulación tiene como objetivo crear un sector eléctrico eficiente, seguro, limpio y con precios competitivos. Para lograr lo anterior es importante incentivar la competencia en todos los eslabones de la cadena, por lo que la compra de energías limpias o renovables cumple con ser parte de la nueva regulación, procurando el cuidado del ambiente al reducir las emisiones de CO₂ asociadas.

Es importante tener en cuenta que en el caso de las energías renovables y de cogeneración eficiente se deberá pagar un cargo por porteo de energía. Por otro lado, la energía solar es la única tecnología que no brinda capacidad, sólo energía; por lo que, en caso de un cambio en el actual esquema de pago, deberá pagarse la parte proporcional a este concepto a la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

En el Valle de México Sur, el costo promedio de la energía para tarifa GDBT (Gran Demanda Baja Tensión) es de 2.40 \$/kWh. Por otro lado, el kWh de energía eólica puede cotizarse incluso en \$1.70, de cogeneración eficiente en \$1.50/kWh y \$1.30/kWh de energía solar.

En la siguiente tabla puede observarse el comparativo entre las diferentes fuentes de energía *versus* la tarifa de CFE:

Escenario 1				
Consumo 31,356 kWh				
Concepto	CFE	Eólico	Cogeneración Eficiente	Solar
Energía [\$/kWh]	\$ 0.77	\$ 1.70	\$ 1.50	\$ 1.30
Suministro (cargo fijo)	\$ 676.70	\$ -	\$ -	\$ -
Distribución [\$/kW]	\$ 294.13	\$ -	\$ -	\$ -
Capacidad [\$/kW]	\$ 276.80	\$ -	\$ -	\$ -
Porteo (BT)	N/A	\$ 0.89284	\$ 0.89284	\$ 0.89284
Precio Nivelado	\$ 2.56	\$ 2.59	\$ 2.39	\$ 2.19
Facturación por consumo promedio	\$ 80,271.36	\$ 81,301.09	\$ 75,029.89	\$ 68,758.69

Tabla 14. Resumen de la evaluación del porteo de energía con diferentes tecnologías bajo el esquema actual de facturación por porteo de energía.

Escenario 2

Consumo 31,356 kWh					
Concepto	CFE	Eólico	Cogeneración Eficiente	Solar	
Energía [\$/kWh]	\$ 0.77	\$ 1.70	\$ 1.50	\$ 1.30	
Suministro (carga fijo)	\$ 676.70	\$ -	\$ -	\$ -	
Distribución [\$/kW]	\$ 294.13	\$ -	\$ -	\$ -	
Capacidad [\$/kW]	\$ 276.80	\$ -	\$ -	\$ 16,884.80	
Porteo (BT)	N/A	\$ 0.89284	\$ 0.89284	\$ 0.89284	
Precio Nivelado	\$ 2.56	\$ 2.59	\$ 2.39	\$ 2.19	
Facturación por consumo promedio	\$ 80,271.36	\$ 81,301.09	\$ 75,029.89	\$ 85,643.49	

Tabla 15. Resumen de la evaluación del porteo de energía con diferentes tecnologías considerando un cambio en el esquema de facturación por porteo de energía.

De acuerdo con el funcionamiento de cada tecnología, en el primer escenario puede observarse que la energía solar ofrece una disminución considerable de la factura final, sin embargo, este tipo de tecnología sólo proporciona energía y no capacidad por lo que, en caso de existir cambios en el esquema de pagos tendría que considerarse el pago por capacidad a la CFE; en el segundo escenario, se considera este pago y la factura final se encarece considerablemente.

Por otro lado, cabe señalar que en ambos escenarios el porteo de energía por cogeneración eficiente ofrece una disminución \$ 5,241.47 en la facturación mensual, lo que se traduce en un total \$ 62, 897.63 al año; esta opción resulta la más atractiva para obtener ahorros en costos de energía para la empresa. Adicionalmente, se obtiene un beneficio ambiental al evitar la emisión de CO₂ a la atmósfera.

En 2019, factor de emisiones fue de 0.527 tCO₂/ MWh por lo que, para el caso de estudio, se traduce en un total de 198.30 tCO₂ al consumir la energía eléctrica generada por CFE. Sin embargo, en caso de realizar el porteo de energía por cogeneración eficiente estas emisiones se reducen en un 50%.

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El objetivo general de este trabajo era realizar un diagnóstico energético y proponer estrategias de administración y uso eficiente de energía a través de la caracterización energética del inmueble y el desarrollo de un plan de gestión y ahorro de energía que permitiera a la concesionaria reducir los costos operativos para así cumplir con el margen de utilidades programado.

Dadas las condiciones por pandemia, las mediciones y obtención de datos fueron restringidos por lo que el diagnóstico energético no cumplió el alcance planteado. Sin embargo, con los datos con los que se trabajó y resultados obtenidos, pudo observarse lo siguiente:

1. El presupuesto programado por la empresa presenta diferencias de hasta el 40% entre la tarifa presupuestada (un promedio de 3.4) contra la tarifa real (alcanzó precio máximo de 4.96), por lo que se sugiere utilizar históricos de precios por mes de consumo para realizar las proyecciones del presupuesto por mes de acuerdo con la tarifa correspondiente.
2. Los potenciales de ahorro por sistema pudieron identificarse gracias a la caracterización energética del inmueble por lo que destaca la importancia de los diagnósticos energéticos.
3. Existe un sobredimensionamiento de los equipos de ventilación lo que genera un consumo de energía eléctrica adicional sobre las necesidades del inmueble lo que sugiere un uso de la energía adicional al necesario, es decir, el diseño del sistema de ventilación no cumple con ser energéticamente eficiente.
4. Aunque la tecnología empleada para iluminación es la más eficiente, contar con un equipo de control por movimiento u ocupación en el inmueble representa un potencial de ahorro para la empresa concesionaria de \$3,743.00 por mes. Esta opción es rentable en caso de renovar el contrato de concesión ya que el tiempo de retorno de la inversión es de 2.03 años.
5. Dados los cambios en el Mercado Eléctrico Mayorista, el porteo o compra de energía de *cogeneración eficiente* representa una disminución en los costos de operación en más de un 7% anual, así como una disminución en la huella de carbono (99.15 tCO₂/ año) asociada a la energía eléctrica en el inmueble.

6. De manera adicional, fue posible desarrollar estrategias con un impacto ambiental (reducción de emisiones de CO₂) lo que brinda una visión integral sobre los sistemas de gestión y sus ventajas, no sólo económicas sino también como un valor agregado a la marca mejorando la calidad de su servicio y la imagen del inmueble para los usuarios finales.

7. Los estándares solicitados por cada una de las NOM's empleadas de referencia se cumplieron en más de un 90% lo que indica la importancia de difusión e implementación de la normativa mexicana para la mejora del uso de la energía, así como para brindar una mayor calidad en los servicios. Este punto resulta importante ya que, actualmente se considera que el cumplir con las normas establecidas implica una serie esfuerzos e inversiones adicionales que no tienen "ningún" beneficio para la empresa; sin embargo, se ha comprobado que el beneficio no sólo es económico, sino también de imagen pública, administración de recursos y concientización sobre la cultura de ahorro energético.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. NOM-007-ENER-2014 – Eficiencia de alumbrado en edificios no residenciales, DOF, México, 07.08.2014, disponible en: [http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5355593&fecha=07/08/2014].
2. NOM-013-ENER-2013 – Eficiencia energética para los sistemas de alumbrado en vialidades, DOF, México, 14.06.2013, disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/181651/NOM_013_ENER_2013.pdf].
3. NOM-016-ENER-2016 – Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, en potencia nominal 0.746 a 373 kW. Límites, método de prueba y marcado, DOF, México, 15.11.2016, disponible en: [http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5460981&fecha=15/11/2016].
4. NOM-021-SSA1-1993 – Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire con respecto al monóxido de carbono (CO). Valor permisible para la concentración de monóxido de carbono en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población, México, fecha de consulta: 13.11.2019, disponible en: [<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/021ssa13.html>].
5. NOM-025-STPS-2008 – Condiciones de iluminación en centros de trabajo, DOF, México, 30.12.2008, disponible en: [<http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/nom-025.pdf>].
6. CASO PRÁCTICO 25 “VENTILACIÓN EN ESTACIONAMIENTOS”, S&P, 2011, disponible en: [<https://www.solerpalau.mx/index.php>].
7. VELOCIDAD DEL AIRE, ficha técnica, S&P, fecha de consulta: 13.11.2019, disponible en: [<https://www.solerpalau.com/es-es/hojas-tecnicas-velocidad-del-aire/>].
8. VENTILACIÓN PARA UNA CALIDAD ACEPTABLE DE AIRE INTERIOR, ASHRAE, Estándar 62.1, 2007, disponible en: [http://www.ditar.cl/archivos/Normas_ASHRAE/T0120ASHRAE-62.1-2007-sp-Ventil-p-CAAI.pdf].
9. Curso-Taller “Promotores del Ahorro y Eficiencia de Energía Eléctrica”, México-Guatemala, FIDE-CNEE, 2010, disponible en: [[http://www.cnee.gob.gt/EficienciaEnergetica/FIDE/001%20M%C3%B3dulo%20%20\(Diagn%C3%B3sticos%20Energ%C3%A9ticos\).pdf](http://www.cnee.gob.gt/EficienciaEnergetica/FIDE/001%20M%C3%B3dulo%20%20(Diagn%C3%B3sticos%20Energ%C3%A9ticos).pdf)].
10. Herramienta para el ajuste de factor de potencia, CONUEE, 2016, [<https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/herramienta-para-el-ajuste-del-factor-de->

potencia?state=published#:~:text=El%20factor%20de%20potencia%20(FP,ha%20sido%20transformada%20en%20trabajo.]

11. EPA concentraciones permisibles de monóxido de carbono, [<https://espanol.epa.gov/cai/impacto-del-monoxido-de-carbono-en-la-calidad-del-aire-de-los-interiores>]

12. NOM-172-SEMARNAT-2019, [https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5579387&fecha=20/11/2019]

13. Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre, Organización Mundial de la Salud, 2006, [https://www.who.int/phe/health_topics/AQG_spanish.pdf].

14. BASES DEL MERCADO ELÉCTRICO MAYORISTA, DOF, 2015, disponible en: [http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5407715&fecha=08/09/2015].

15. NORMA TÉCNICA COMPLEMENTARIA PARA EL PROYECTO ARQUITECTÓNICO, DOF, 2011, [<http://cgsservicios.df.gob.mx/prontuario/vigente/r406001.pdf>]

16. NOM-001-STPS-2008 - Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo. Condiciones de seguridad [<http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/Nom-001.pdf>]

17. Cargos por porteo, DOF [https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5594800&fecha=10/06/2020].

18. Factor de Emisión del Sistema Nacional, CRE [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/442714/Aviso_Factor_de_Emisiones_2018.pdf].

19. Manual de Ventilación y Calidad del Aire, Soler & Palau, 2008, disponible en: [<https://info.solerpalau.com/guia-conceptos-basicos-de-la-ventilacion?hsCtaTracking=693b7250-ba6e-42a1-94cf-74275b2c674c%7Cdbaf4fc7-291f-4450-b678-87fa102713e0>]. Fecha de consulta: noviembre 2019.

20. Energy Management Book, 2001, Wayne C. Turner, Capítulo 2, Oklahoma State University, The Fairmont Press, Estados Unidos de América.

21. CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN, 2006, España, Ministerio de Vivienda, disponible en: [https://previa.uclm.es/area/ing_rural/Normativa/CTE-2006/CTE_COMPLETO.pdf].

22. SEGOB. (24 de 10 de 2018). Diario Oficial de la Federación (DOF). Obtenido de Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5342503.

23. MANUAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA, CONUEE / GIZ, 2016, Segunda Edición, México.

24. ISO 50002:2014, Auditorías Energéticas – Requisitos con orientación para su uso, Primera edición, Publicado por la Secretaría Central de ISO, Suiza, 01/07/2014.