

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



TEMA:

**CURSO DE ESPECIALIZACIÓN – TÓPICOS DE ENERGÍA**

SUB-TEMA:

**ESTUDIO Y PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE  
ENERGÍA BASADO EN LA ISO-50001 EN UN EDIFICIO  
ADMINISTRATIVO DE EMPRESA DISTRIBUIDORA EN  
EL SALVADOR**

PRESENTADO POR:

**ESTANLEY ALEXANDER MARTINEZ RIVERA**

**NELSON ARMANDO MENDOZA MEDINA**

**NÉSTOR PAUL REYES MEJÍA**

**JULISSA MICHELLE RIVERA ESCOBAR**

PARA OTORGAR EL TÍTULO DE:

**INGENIERO ELECTRICISTA**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, ENERO 2025**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

RECTOR:

**MSC. JUAN ROSA QUINTANILLA**

SECRETARIO GENERAL:

**LIC. PEDRO ROSALIO ESCOBAR CASTANEDA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

DECANO:

**ING. LUIS SALVADOR BARRERA MANCÍA**

SECRETARIO:

**ARQ. RAÚL ALEXANDER FABIÁN ORELLANA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

DIRECTOR INTERINO:

**ING. WERNER DAVID MELÉNDEZ VALLE**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Trabajo de graduación previo a la opción al grado de:  
**INGENIERO ELECTRICISTA**

Título:

**CURSO DE ESPECIALIZACIÓN – TÓPICOS DE ENERGÍA**

Subtítulo:

**ESTUDIO Y PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE  
ENERGÍA BASADO EN LA ISO-50001 EN UN EDIFICIO  
ADMINISTRATIVO DE EMPRESA DISTRIBUIDORA EN  
EL SALVADOR**

Presentado por:

**ESTANLEY ALEXANDER MARTINEZ RIVERA  
NELSON ARMANDO MENDOZA MEDINA  
NÉSTOR PAUL REYES MEJÍA  
JULISSA MICHELLE RIVERA ESCOBAR**

SAN SALVADOR, ENERO DE 2025

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente asesor:

**ING. JOSÉ ROBERTO RAMOS LÓPEZ**

## NOTA Y DEFENSA FINAL

En esta fecha, jueves 14 de noviembre de 2024, en la Sala de Lectura de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, a las 10:00 a.m. horas, en presencia de las siguientes autoridades de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador:

1. Ing. Werner David Meléndez Valle  
Director Interino

  
Firma

2. MSc. José Wilber Calderon Urrutia  
Secretario

  
Firma



Y, con el Honorable Jurado de Evaluación integrado por las personas siguientes:

ING. JOSÉ ROBERTO RAMOS LÓPEZ  
(Docente Asesor)

  
Firma

- DR. CARLOS OSMIN POCASANGRE JIMÉNEZ

  
Firma

MSC. JORGE ALBERTO ZETINO CHICAS

  
Firma

Se efectuó la defensa final reglamentaria del Trabajo de Graduación (Curso de Especialización): TÓPICOS DE ENERGÍA

A cargo de los Bachilleres:

- MENDOZA MEDINA NELSON ARMANDO
- MARTÍNEZ RIVERA ESTANLEY ALEXANDER
- RIVERA ESCOBAR JULISSA MICHELLE
- REYES MEJÍA NÉSTOR PAUL

Habiendo obtenido en el presente Trabajo una nota promedio de la defensa final:

( OCHO PUNTO CERO )

8.0

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente, expreso mi agradecimiento a Dios por permitirme tener la experiencia universitaria en la reconocida Universidad de El Salvador, gracias a la universidad por permitirme convertirme en un profesional en lo que me apasiona, gracias a mis catedráticos que hicieron posible mi aprendizaje y siempre impulsarme a ver más allá de las soluciones de los problemas.

Agradezco a mi madre querida Yanira de Lourdes Rivera por ser un pilar muy importante en mi vida, por enseñarme que cada esfuerzo tiene una recompensa, en salir adelante aun si no se tiene nada, darme cuenta que si las adversidades se vuelven difíciles hay que luchar para alcanzar nuestros objetivos, gracias a ella por apoyarme en esta etapa de mi vida, sé que ella no tuvo la oportunidad de tener estudios, pero se encargó que a mí no me faltara.

Agradezco por las personas que conocí en la universidad y por compañeros de gran aprecio que cada uno tiene, cualidades que los distingue les agradezco a ustedes Boris Castillo, Gustavo Barahona, Oswaldo Flores, Edwin Cruz, Andréi Hernández, Armando Mendoza y Raúl Pérez por compartir sus experiencias y momentos difíciles cada uno de ustedes estaba en su momento, por el apoyo en cada etapa y obstáculo que hubo, sé que se formó una buena amistad y momentos LEGENDARIOS que perduraran en mis recuerdos.

Agradezco a mis compañeros de Tesina, y creo plenamente que el día de mañana serán grandes profesionales, se que este trabajo fue hecho con esfuerzo y desveladas, pero cada esfuerzo tiene su recompensa.

Y como, por último, pero no menos importante agradezco al encargado del curso de especialización Tópicos de Energía el Ing. José Roberto Ramos, por compartir su vasta experiencia y sabiduría que nos proporcionó en dicho curso, por ser paciente con nosotros, por guiarnos en un excelente aprendizaje y de igual forma transmitir su esencia de un gran profesional.

Agradezco a todas las personas que me cruce en esta etapa de mi vida y sumaron un aprendizaje.

Estanley Alexander Martinez Rivera

En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todos aquellos que me han apoyado directa e indirectamente durante todo mi proceso de desarrollo académico universitario.

A Dios por darme la fuerza, voluntad y perseverancia en todo este camino y no solo académico sino también en todos mis objetivos ya que me mantiene firme y con dedicación para lograrlos.

A mis padres y hermanas por su amor incondicional y apoyo constante que a pesar de las adversidades siempre tenemos la paciencia y unión para afrontarlos. A mis dos perritas que me acompañaron en las noches de estudio y desvelo.

A la Universidad de El Salvador, por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios, en especial a los docentes de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y de la Escuela de Ingeniería Eléctrica por enseñar y aportar un poco de sus amplios conocimientos y transmitirlos a las nuevas generaciones que servirán a lo largo de nuestra vida profesional.

A mi docente asesor de curso de especialización tópicos de energía, Ing. José Roberto Ramos, por su invaluable orientación, paciencia y dedicación, además por todo ese apoyo constante durante todo el curso. Al honorable jurado de nuestra investigación, PhD. Carlos Osmín Pocasangre y Msc. Jorge Alberto Zetino por sus sugerencias y críticas constructivas que enriquecieron y mejoraron este trabajo.

A mis compañeros de tesina ya que juntos hicimos que este trabajo sea posible. A mis amigos durante todo mi proceso académico (Estanley Martínez, Edwin Cruz, Andréi Hernández, Boris Castillo, Gustavo Barahona, Oswaldo Flores y Raúl Pérez), por los consejos, apoyo y ayuda en los momentos que más los necesitaba, además de hacer que el proceso sea aún más divertido y disfrutable y culminarlo de la mejor manera.

Finalmente, agradezco a todas aquellas personas que, aunque no mencionadas aquí, de alguna manera contribuyeron a la realización de esta investigación. Su apoyo ha sido fundamental para el éxito de mis estudios y de este trabajo.

*"La educación es el pasaporte hacia el futuro, porque el mañana pertenece a aquellos que se preparan para él hoy."*

— *Malcolm X*

Nelson Armando Mendoza Medina

En primer lugar, agradezco profundamente a Dios por su constante guía a lo largo de mi carrera, por otorgarme sabiduría y fortaleza para superar cada desafío. Asimismo, expreso mi gratitud a la Universidad Nacional de El Salvador por brindarme las herramientas necesarias para mi desarrollo académico y profesional, así como a todos los docentes que, con su dedicación, contribuyeron significativamente a mi formación.

Quiero dedicar este logro a mi querido padre, Andy, quien, aunque ya no está físicamente entre nosotros. Su legado de amor, sabiduría y valentía me inspira todos los días. Fue él quien creyó en mí desde el principio y me motivó a estudiar esta carrera. A mi madre, Bety, le agradezco de todo corazón. Ella ha sido mi roca, mi guía, mi fuente de fuerza y mi mayor inspiración. Este título es, en gran parte, un reflejo de su esfuerzo y amor incansable. A mi hermana Mirella, por ser mi principal fuente de motivación y por brindarme ánimos en los momentos de incertidumbre. Su amor y admiración han sido cruciales para proporcionarme la fuerza y determinación necesarias para seguir adelante. Estoy convencida de que, con su dedicación y talento, alcanzará grandes logros en el futuro. A mi tía Olivia, mi compañera incondicional desde el comienzo, le agradezco profundamente. Ella me acompañó al examen de admisión y ha estado a mi lado en cada paso de esta travesía. Me escuchó, me entendió y me apoyó sin reservas, siempre creyendo en mi potencial. A Enzor Francia, mi novio, le agradezco de todo corazón por su apoyo durante estos tres años. Estuvo allí cuando más lo necesité, creyendo en mí y facilitándome todo lo necesario para seguir adelante. Su amor, paciencia y admiración me dieron la fortaleza para continuar. A mis queridos abuelitos, quienes siempre me han respaldado con sus oraciones y bendiciones. A mi perrita Morrigan, quien me acompañó en cada desvelo, en cada noche de estudio después de salir de trabajar. A todas las personas que, de alguna manera, contribuyeron a mi crecimiento y éxito a lo largo de este proceso, como mi tío Mario, mi tía Jenneane, mi suegra Telma Mejía y todos aquellos a quienes no menciono, pero fueron parte de este proceso, mi más sincero agradecimiento. Cada uno ha dejado una huella significativa en mi camino, y mi gratitud hacia todos es infinita.

A mis compañeros de tesina, quiero expresarles un agradecimiento muy especial. Su apoyo, compañerismo y colaboración fueron fundamentales. Juntos enfrentamos desafíos y celebramos logros, y esa experiencia de trabajar como equipo fue clave para lograrlo. Les deseo el mayor de los éxitos en el futuro, confiando plenamente en que cada uno de ustedes llegará muy lejos. Gracias por ser parte esencial de este proceso.

Finalmente, quiero expresar un agradecimiento especial al Ing. Ramos, mi asesor docente, por su dedicación, paciencia y compromiso. Su orientación, apoyo constante y sabias recomendaciones han sido fundamentales para mi crecimiento académico y profesional. Sin su valiosa guía, este logro no hubiese sido posible.

Julissa Michelle Rivera Escobar

Primeramente, quiero agradecer a Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza en cada paso de este camino. Su presencia me ha dado esperanza y fe, especialmente en los momentos más difíciles, y este logro no habría sido posible sin su bendición.

A mi madre, Nely Mejía, mi más profundo agradecimiento. Ella ha sido mi principal y constante fuente de apoyo. Su esfuerzo, dedicación y ejemplo de vida han sido el pilar sobre el que he construido mis sueños. Este logro es tanto mío como suyo, y siempre estaré agradecido por todo lo que ha hecho por mí.

A mis hermanas, Paola Reyes y Laura Mejía; a mis tías, Mirna Mejía y Leticia Mejía; a toda mi familia y amigos, quienes, con sus palabras de aliento y apoyo incondicional, me han acompañado a lo largo de este proceso y, de alguna manera, contribuyeron a que este momento fuera posible.

A nuestro docente asesor Ing. José Roberto Ramos, por su guía, paciencia y valiosas enseñanzas a lo largo de este proyecto. Su experiencia y dedicación fueron clave para completar este trabajo, y su apoyo constante nos motivó a perseverar.

A mis compañeros de tesina, quiero expresar mi más sincera gratitud. Su compromiso, esfuerzo hicieron que este proyecto fuera posible. Compartir este camino con ustedes ha sido una experiencia enriquecedora, y cada uno de ustedes dejó una marca imborrable en mi camino.

A todas las personas que dejaron su huella en este viaje, les dedico este logro con infinita gratitud.

Néstor Paul Reyes Mejía

# ÍNDICE

## Contenido

ÍNDICE.....	10
RESUMEN.....	13
INTRODUCCIÓN.....	14
OBJETIVOS.....	15
OBJETIVO GENERAL .....	15
OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	15
CAPITULO 1: GENERALIDADES .....	16
1.1 ALCANCES .....	16
1.2 LIMITACIONES .....	16
1.3 ANTECEDENTES .....	16
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	16
1.5 SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....	17
1.6 MARCO CONCEPTUAL .....	18
CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO .....	20
2.1 INTRODUCCIÓN A LA NORMA ISO 50001 .....	20
2.1.1 RELEVANCIA DE LA ISO 50001 EN EDIFICIOS ADMINISTRATIVOS.....	20
2.1.2 COMPONENTES CLAVE DE LA ISO 50001 PARA EDIFICIOS ADMINISTRATIVOS.....	21
2.2 SISTEMA ENERGÉTICOS .....	22
2.2.1 CONCEPTO E IMPORTANCIA .....	22
2.2.2 CONTEXTO GLOBAL DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y EMSIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO. ....	23
2.3 PROCESO DE BENCHMARKING .....	26
2.3.1 PROCESO DE BENCHMARKING EN EDIFICIOS ADMINISTRATIVOS ...	26
2.3.2 BENEFICIOS DEL BENCHMARKING EN EDIFICIOS ADMINISTRATIVOS .....	27
2.4 COMPROMISO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA EN EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE EMPRESA DISTRIBUIDORA .....	28
CAPITULO 3: ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE ENERGÉTICA .....	30
3.1 METODOLOGÍA.....	30

3.1.1	RECOPILACIÓN DE DATOS.....	30
3.2	RESUMEN DE CONSUMO.....	31
3.2.1	RESUMEN DE CONSUMO DE LUMINARIAS Y EQUIPO ELÉCTRICO ....	32
3.2.2	DETERMINACIÓN DE LÍNEA DE CONSUMO PROYECTADA DE LUMINARIAS Y EE.....	33
3.2.3	RESUMEN DE CONSUMO DE EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN (A/A) .....	35
3.2.4	DETERMINACION DE LÍNEA BASE PROYECTADA DE SISTEMA DE EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN (A/A) .....	36
3.3	DESCRIPCIÓN ENÉRGICA Y DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS DE LA EMPRESA .....	37
3.3.1	DISTRIBUCIÓN DEL EDIFICIO .....	37
3.3.2	DISTRIBUCIÓN.....	39
3.3.3	OCUPACIÓN DE ÁREAS.....	39
3.3.4	DESCRIPCIÓN DE USOS Y CONSUMOS DE LA ENERGÍA.....	40
3.5	PERFIL DE CARGA.....	42
3.5.1	DESARROLLO DEL PERFIL DE CARGA DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO .....	42
3.5.2	PROMEDIO DE UN DÍA DE PERFIL DE CARGA .....	44
3.6	IMPACTO AMBIENTAL Y ECONÓMICO.....	47
3.6.1	IMPACTO AMBIENTAL Y COSTO ECONÓMICO DEL CONSUMO ENERGÉTICO .....	47
3.6.2	COSTOS ECONÓMICOS E IMPACTO AMBIENTAL POR CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LUMINARIAS Y EQUIPO ELÉCTRICO. ....	50
3.6.3	COSTOS ECONÓMICOS E IMPACTO AMBIENTAL POR CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN.....	51
3.6.4	COSTOS ECONÓMICOS E IMPACTO AMBIENTAL POR CONSUMO DE ENERGÍA TOTAL .....	52
CAPITULO 4: ANÁLISIS DE BENCHMARK CON RETSCREEN EXPERT .....		54
4.1	BENCHMARK Y ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA EL EDIFICIO ADMINISTRATIVO .....	54
4.1.1	RECOPILACIÓN DE DATOS PARA BENCHMARK EN RETSCREEM EXPERT .....	54
4.1.2	RESUMEN EJECUTIVO .....	55
4.1.3	UBICACIÓN Y DATOS CLIMÁTICOS .....	55
4.1.4	CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....	57

4.1.5 EMISIONES DE CO <sub>2</sub> .....	58
4.1.6 COSTOS ENERGÉTICOS.....	59
4.1.7 AHORROS DE ENERGÍA .....	60
4.1.8 USO FINAL .....	61
4.1.9 OBJETIVO RESUMEN DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE, COSTO Y EMISIONES.....	63
CAPITULO 5: INDICADORES DE DESEMPEÑO ENÉRGÉTICOS (ENPIS).....	64
5.1 INDICADORES DE DESEMPEÑO (ENPIS).....	64
CAPITULO 6: PROPUESTA DE MEJORA PARA UN SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA.....	69
6.1 RESULTADOS DE ANÁLISIS .....	69
6.1.1 SISTEMAS LUMINARIAS Y EQUIPO ELÉCTRICO DE OFICINA .....	69
6.1.2 EQUIPO DE CLIMATIZACIÓN (A/A) .....	74
6.1.3 SUGERENCIA DE PROPUESTA DE SUSTENTABILIDAD BIOCLIMÁTICA EN EL EDIFICIO ADMINISTRATIVO .....	81
6.1.4 PROPUESTA DE PLAN DE ACCIÓN PARA MEJORAR EL CONSUMO DE ENERGÍA (ISO 50001).....	82
CONCLUSIONES.....	86
REFERENCIAS: .....	88
ANEXOS.....	89

## RESUMEN

Este estudio se enfoca en una propuesta de implementación de un plan integral de gestión de energía de un edificio administrativo de una Empresa Distribuidora, mediante la elaboración de una línea base con un análisis de datos de consumo eléctrico recopilados entre julio de 2023 y junio de 2024, identificando patrones de estabilidad, picos y bajos consumos, así como factores estacionales y de ocupación que influyen en las variaciones, reflejando el estado actual del consumo energético, elaborando un plan para reducir significativamente el consumo de energía y mejorar la eficiencia operativa, aplicando los principios y requisitos establecidos por la norma internacional ISO 50001.

Se establece una línea base proyectada a través de regresión lineal para evaluar tendencias y definir objetivos de eficiencia energética. Además, se describe el perfil de carga diaria, evidenciando un consumo máximo durante horas laborales y una demanda constante mínima durante noches y fines de semana. También, se identifican áreas clave de consumo y oportunidades de ahorro energético, considerando el impacto económico y ambiental del uso energético del edificio. Finalmente, se han definido los indicadores en términos de consumo versus área, consumo versus personas y representar el equivalente en emisiones de CO<sub>2</sub> para esos consumos.

El informe aborda un análisis de benchmark y factibilidad del consumo energético en un edificio administrativo de 516.14 m<sup>2</sup> y 70 ocupantes, utilizando RETScreen Expert. Se identificaron dos principales áreas de consumo: equipos eléctricos y sistemas de aire acondicionado, además se propone un objetivo de reducción del 15%. El análisis destaca un potencial de mejora ambiental y financiera al implementar medidas de eficiencia energética enfocándose en las áreas claves para optimización.

Por último, se presenta una propuesta integral para mejorar la gestión energética en un edificio administrativo, enfocándose en la transición a luminarias LED, equipos eléctricos de oficina con tecnología inverter y sistemas de climatización eficientes para reducir el consumo energético, costos operativos y emisiones de CO<sub>2</sub>. Se destacan acciones como el reemplazo de luminarias y aires acondicionados sobredimensionados, implementación de controles inteligentes, mantenimiento preventivo, y capacitación de empleados sobre el uso responsable de los equipos. Finalmente, se plantea un plan de acción alineado con la norma ISO 50001, incluyendo monitoreo continuo, indicadores de desempeño energético y auditorías internas para garantizar sostenibilidad, rentabilidad y mejora continua. Este enfoque no solo promoverá la sostenibilidad ambiental y la responsabilidad corporativa, sino que también fortalecerá la competitividad de la empresa en el contexto actual de eficiencia energética y cumplimiento normativo.

# INTRODUCCIÓN

En un mundo cada vez más consciente de los desafíos ambientales y la necesidad de optimizar el uso de los recursos, la gestión eficiente de la energía ha cobrado una importancia crucial. Las empresas no solo enfrentan el reto de reducir sus costos operativos, sino también de minimizar su huella ambiental a través de la adopción de prácticas más sostenibles. En este contexto global la implementación de un plan integral de gestión de energía se presenta como una solución eficaz para abordar este reto, especialmente en el sector administrativo. Este trabajo se centra en la propuesta de un plan basado en la norma ISO 50001, que establece un marco reconocido internacionalmente para la gestión eficiente de la energía y a fomentar un uso responsable de los recursos.

La ISO 50001 se puede implementar y mejorar mediante el uso de diversas normas complementarias de la serie ISO 50000, que cubren auditorías energéticas, medición y verificación del desempeño energético, y directrices para la implementación del sistema de gestión de la energía. Estas normas trabajan en conjunto para asegurar que las organizaciones no solo cumplan con los requisitos básicos de la ISO 50001, sino que también puedan demostrar de manera cuantificable sus mejoras en eficiencia energética y sostenibilidad.

Este estudio tiene como objetivo analizar el estado actual del consumo energético en un edificio administrativo de una empresa distribuidora en El Salvador y proponer la implementación de un sistema de gestión de energía basado en la ISO 50001. El análisis abarca la identificación de oportunidades para la mejora en la eficiencia energética, la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y la optimización de los costos asociados al consumo energético. A través de esta propuesta, se busca proporcionar a la empresa un enfoque estratégico y sustentable que le permita enfrentar los desafíos energéticos futuros y cumplir con los estándares internacionales.

La implementación de un sistema de gestión de energía no solo contribuye a la mejora continua del rendimiento energético de la organización, sino que también fortalece su competitividad y su compromiso con la sostenibilidad. Por lo tanto, este estudio no solo es una respuesta a las crecientes demandas de eficiencia energética, sino también un paso significativo hacia el desarrollo de prácticas empresariales más responsables y sostenibles en El Salvador.

Los objetivos que guiarán el desarrollo del plan incluyen la recopilación de información sobre sistemas de gestión de energía, la evaluación inicial del consumo actual, la identificación de equipos de alto consumo y el establecimiento de indicadores clave de desempeño energético (EnPIs). Esta estrategia no solo permitirá monitorear y evaluar el impacto de las medidas implementadas, sino que también facilitará la adaptación del plan de acción a lo largo del tiempo. Al final, este enfoque integral buscará no solo mejorar la eficiencia y reducir costos, sino también minimizar el impacto ambiental, contribuyendo así a un futuro más sostenible.

# OBJETIVOS

## OBJETIVO GENERAL

Proponer un plan integral de gestión de energía en una empresa administrativa distribuidora, utilizando la norma ISO-50001 y el software de RETScreen Expert para análisis de factibilidad en áreas específicas, con el propósito de reducir el consumo energético y mejorar la eficiencia operativa de manera sostenible conforme a los estándares internacionales.

## OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Recopilar información bibliográfica sobre el sistema de gestión de energía aplicada al edificio administrativo respecto a la Norma ISO 50001.
- Realizar una evaluación inicial de la situación actual de la empresa en términos de gestión de energía trazando una línea base durante un año.
- Analizar el desempeño del consumo de energía identificando equipos de alto consumo con una revisión energética.
- Realizar un análisis de factibilidad desarrollado con el software RETScreen Expert en las categorías específicas de aire acondicionados, iluminación y equipo electrónico de oficina.
- Establecer indicadores clave de desempeño energético (EnPIs) para monitorear y evaluar el impacto, ajustando el plan de acción según sea necesario.
- Proponer un plan para mejorar la reducción de consumo de energía, impacto medioambiental de CO2 y costos, en el edificio administrativo de distribuidora de acuerdo con la norma ISO50001.

# CAPITULO 1: GENERALIDADES

## 1.1 ALCANCES

Revisar y analizar la Norma ISO 50001 para entender los requisitos y las mejores prácticas relacionadas con el sistema de gestión de energía.

Analizar patrones de consumo mensuales, estacionales y variaciones, identificando las áreas principales de consume de energía dentro del edificio.

Proponer un plan de medidas específicas con los datos obtenidos en el análisis de factibilidad con el software de RETScreen Expert (Aire acondicionados, iluminación y equipo electrónico de oficina). Identificando las oportunidades para reducir costos y mejorar la eficiencia energética.

## 1.2 LIMITACIONES

La recolección de datos dependió de la accesibilidad a la información proporcionada por la empresa Distribuidora, que no emite facturas de consumo propio, sino que gestiona su consumo a través de un software (Open). Además, considerar que la empresa no quería que se tomara en cuenta la información de los equipos de climatización en el análisis. Sin embargo, dado el alto consumo asociado a estos equipos, se decidió hacer la evaluación considerando los datos históricos de consumo. Para los cálculos ya que es un edificio ya construido no se hizo un estudio de confort térmico, solo se trabajó con las variables de superficie en metros cuadrados y la cantidad de empleados del edificio para hacer el respectivo estudio y comparación en RETScreen Expert. Teniendo en cuenta que este estudio comprende solo a la Norma ISO 50001 y en base a todo esto se propondrá un plan de mejora continuo.

## 1.3 ANTECEDENTES

La presente investigación tiene como referencia el curso de especialización en energía EIE: Tópicos Eléctricos, donde se incluye la norma ISO 50001. Enfocando nuestra investigación en un Edificio Administrativo de una Empresa Distribuidora de El Salvador. Además, considerando la experiencia previa de la empresa en la estructura organizativa, procesos documentados y cultura de mejora continua, elementos fundamentales que pueden ser aprovechados para la implementación exitosa de ISO 50001.

## 1.4 JUSTIFICACIÓN

La implementación de la norma ISO 50001 en organizaciones representa un paso estratégico hacia la mejora continua de la gestión energética, fundamentado en principios teóricos que respaldan su adopción. Desde una perspectiva teórica, esta norma proporciona un marco estructurado para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión energética eficiente, alineado con los objetivos de sostenibilidad y competitividad empresarial.

Esta norma en empresas se fundamenta en su capacidad para proporcionar un marco metodológico y estratégico que promueve la eficiencia operativa, la sostenibilidad ambiental y la responsabilidad corporativa. Al adoptar este estándar internacional, las organizaciones teóricamente están mejor posicionadas para enfrentar los desafíos actuales y futuros relacionados con la gestión energética, contribuyendo así al desarrollo sostenible y al bienestar global.

Para el cálculo del factor de emisión se hizo una comparación y se usó el más acorde a nuestro país, se ingresó al navegador de datos y estadísticas energéticas de la Agencia Internacional de Energía (IEA), en el apartado emisiones de gases de efecto invernadero a partir de datos de energía, buscando los datos actualizados hasta el 2022 para El Salvador y se comparó con el valor que nos proporcionó RETScreen Expert cuando se realizó el análisis de benchmark. Con esta comparación se eligió el dato más apegado a nuestro país y al análisis que es el proporcionado por RETScreen Expert.

## 1.5 SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ISO	Internacional Organization for Standardization [Organización Internacional de Normalización]
CO2	Dióxido de Carbono
kg	kilogramo
kgCO2	kilogramo de dióxido de carbono
GEI	Gases de Efecto Invernadero
MGE <sub>n</sub>	Modelo de Gestión de Energía
SGE	Sistema de Gestión de la Energía
EnPIs	Energy Performance Indicators [Indicadores de desempeño energético]
PHVA	Planificar-Hacer-Verificar-Actuar
EJ	Exajulios
TJ	Terajulio
MJ	Megajulio
t	Toneladas
Mt	Megatoneladas

IEA	International Energy Agency [Agencia Internacional de energía]
SIGET	Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones
ED	Empresa Distribuidora
CFT	Consumo Final Total
NIC	Número de Identificación del Contador
kW	Kilovatio
kWh	Kilovatios-hora
BTU	British Thermal Unit
EE	Equipo eléctrico
A/A	Aire Acondicionado
per	Persona
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metro cuadrado
EER	Energy Efficiency Ratio [Indice de Eficiencia Energetica]
SEER	Seasonal Energy Efficiency Ratio [Ratio de Eficiencia Energética de Temporada]
ROI	Retorno de Inversión

## 1.6 MARCO CONCEPTUAL

### **Benchmark:**

Hace referencia a comparaciones de rendimiento con el objetivo de establecer un punto de referencia. Se busca identificar qué iniciativas, empresas, políticas o sistemas muestran un desempeño más eficiente para un propósito específico. (TABLEAU, 2019)

### **Benchmarking:**

Mejora el rendimiento, la eficiencia y la calidad mediante la adopción de las mejores prácticas identificadas en el proceso de comparación, pero con un alcance más amplio. No se trata solo de realizar una comparación, sino también de investigar, analizar y, en algunos casos, replicar los principios que explican el mejor desempeño de uno de los elementos evaluados en relación con los otros. (TABLEAU, 2019)

**Consumo energético:**

El consumo energético se refiere al uso total de energía, que generalmente incluye más de una fuente energética. Aunque comúnmente está vinculado a la electricidad, también puede involucrar el gas, gasóleo, biomasa, entre otros. Además, el consumo energético está estrechamente relacionado con la eficiencia energética.

**Eficiencia energética:**

Es la relación cuantitativa entre el rendimiento, servicios, productos o materias primas, y la energía utilizada para producirlos. Se refiere a la capacidad de obtener los mejores resultados posibles empleando la menor cantidad de energía. La eficiencia energética permite reducir el consumo de energía, minimizando los impactos ambientales asociados. (ISO 50001, 2018)

**Huella de carbono:**

Es una medida que cuantifica la cantidad total de gases de efecto invernadero, especialmente dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que se emiten directa o indirectamente como resultado de actividades humanas. Se expresa generalmente en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.

**Energía eléctrica:**

Se define como el trabajo que realiza un campo eléctrico conservativo sobre una carga eléctrica. También se describe como la energía que se transfiere entre cuerpos a través de corrientes eléctricas. Nota: Es importante no confundir el término "electricidad" con "energía eléctrica". Un generador no produce, transporta o vende electricidad, sino energía eléctrica.

**Desempeño energético:**

Son los resultados medibles relacionados con la eficiencia, el uso y el consumo de la energía.

**Línea Base de energía:**

El valor representativo del consumo de energía de un organismo durante un período específico de tiempo, que se utiliza como referencia para evaluar las mejoras en el desempeño energético a lo largo del tiempo (ISO 50001, 2018).

**RETScreem Expert:**

Es una herramienta de gestión de energía limpia que facilita la planificación, implementación, monitoreo y reporte de reducciones en emisiones de carbono. Este software permite evaluar la viabilidad de proyectos relacionados con eficiencia energética, energías renovables y cogeneración, así como analizar el desempeño operativo de dichos proyectos. (Gobierno de Canadá, 2022).

## CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO

### 2.1 INTRODUCCIÓN A LA NORMA ISO 50001

La ISO 50001 es una norma internacional que establece los requisitos para un Sistema de Gestión de la Energía (SGE), con el objetivo de ayudar a las organizaciones a mejorar su eficiencia energética, reducir sus costos y disminuir el impacto ambiental asociado con el consumo de energía. La norma se basa en el ciclo de mejora continua Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA) y proporciona un marco para implementar, mantener y mejorar un SGE de manera sistemática y sostenible.



Figura 1: Resultados previstos del sistema (P-H-V-A). Fuente: Elaboración propia [3].

#### 2.1.1 RELEVANCIA DE LA ISO 50001 EN EDIFICIOS ADMINISTRATIVOS

En edificios administrativos, el consumo energético representa una parte significativa del presupuesto operativo y tiene un impacto considerable en el medio ambiente [4]. La implementación de un SGE basado en la ISO 50001 es crucial para:

- **Reducir Costos:** Identificar y eliminar ineficiencias en el uso de energía puede llevar a importantes ahorros operativos.
- **Mejorar la Eficiencia Energética:** Optimizar el rendimiento de sistemas como la climatización, iluminación y otros equipos energéticos.
- **Cumplir con Normativas Ambientales:** Facilitar el cumplimiento de regulaciones y estándares ambientales, reduciendo la huella de carbono.

- **Mejora continua:** Un principio clave es que se encuentra en un ciclo de mejora continua, es decir que las prácticas de gestión de energía están sujetas a evaluación y ajuste constante.

## 2.1.2 COMPONENTES CLAVE DE LA ISO 50001 PARA EDIFICIOS ADMINISTRATIVOS

- **Planificación:** Esta etapa implica la evaluación del consumo energético actual mediante la creación de una línea base energética, la identificación de oportunidades de mejora, y el establecimiento de objetivos y metas de eficiencia energética.
- **Implementación:** Desarrollar e implementar un plan de acción para mejorar la eficiencia energética, lo que puede incluir la actualización de equipos, la mejora de los sistemas de climatización y de iluminación, y la formación del personal en prácticas de eficiencia energética.
- **Verificación:** Monitorear y medir el desempeño energético a través de la recolección de datos, el seguimiento de indicadores clave y la comparación con los objetivos establecidos. Esta etapa también incluye la realización de auditorías internas para evaluar la eficacia del SGE.
- **Actuación:** Revisar y ajustar el sistema basado en los resultados obtenidos y las lecciones aprendidas para fomentar la mejora continua. Esto puede involucrar la revisión de los objetivos, la actualización de procedimientos y la implementación de nuevas estrategias de eficiencia energética [4].

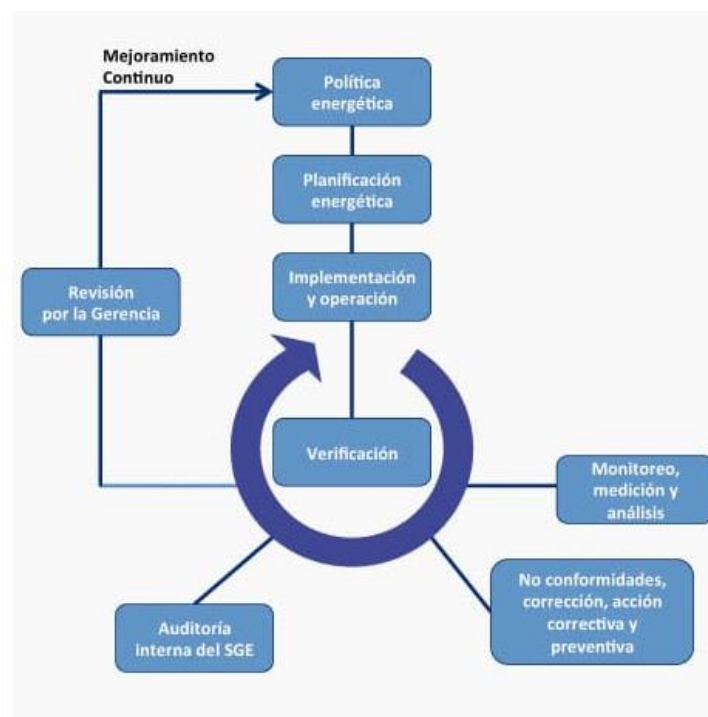


Figura 2: Sistema de Gestión Energética basado en ISO 50001. Fuente: International Organization for Standardization [2].

## **Correlación con la Familia ISO 5000**

La ISO 50001:2018 establece los requisitos para crear un Sistema de Gestión de la Energía (SGE) en una organización, pero, en muchos casos, la implementación de esta norma requiere utilizar otras normas complementarias que se enfocan en aspectos específicos de la gestión energética, como las auditorías energéticas, la medición del desempeño energético, y la verificación de los resultados obtenidos.

**ISO 50002:2014** - *Auditorías energéticas: Requisitos con orientación para la realización de auditorías energéticas.*

**ISO 50004:2014** - *Directrices para la implementación de un sistema de gestión de la energía.*

**ISO 50006:2014** - *Medición y verificación del desempeño energético: Directrices para el uso de la línea base energética y los indicadores de desempeño energético.*

**ISO 50015:2014** - *Medición y verificación del desempeño energético.*

Las normas como la **ISO 50002** y **ISO 50004** proporcionan las herramientas y las directrices para llevar a cabo auditorías y asegurarse de que las acciones estén alineadas con los objetivos de la ISO 50001, mientras que la **ISO 50006** y **ISO 50015** ayudan en la medición y verificación del desempeño energético para asegurar que se logren las mejoras esperadas.

## **2.2 SISTEMA ENERGÉTICOS**

### **2.2.1 CONCEPTO E IMPORTANCIA**

Los sistemas energéticos en edificios de oficinas o administrativos se refieren a las instalaciones y equipos encargados de gestionar y utilizar la energía para satisfacer las necesidades operativas del edificio. Estos sistemas incluyen componentes como la climatización, la iluminación, y otros equipos que contribuyen al consumo energético general.

### **Importancia de la Gestión Energética**

La gestión efectiva de la energía es fundamental para optimizar el consumo y reducir costos operativos en edificios administrativos. Un Sistema de Gestión de Energía (SGEn) proporciona un enfoque estructurado para monitorear, controlar y mejorar el uso de la energía, contribuyendo a la reducción de costos y al impacto ambiental. La ISO 50001, una norma internacional para sistemas de gestión de la energía, ofrece un marco detallado para implementar y mantener un SGE.

### **Potencial de Ahorro Energético**

La implementación de un SGE en edificios administrativos puede resultar en una significativa reducción del consumo energético. Mediante el análisis y la optimización de los sistemas de aire acondicionado y de iluminación, es posible mejorar la eficiencia energética, reducir costos y contribuir a un entorno más sostenible.

## Estrategias para la Optimización Energética

- **Monitoreo y Análisis:** Utilizar herramientas para medir el consumo de energía en tiempo real y analizar los datos para identificar áreas de mejora.
- **Mantenimiento y Actualización:** Realizar mantenimiento regular y actualizar los equipos para asegurar su eficiencia operativa.
- **Tecnología Eficiente:** Implementar tecnologías de bajo consumo y sistemas de control automático para reducir el uso innecesario de energía.

## Implementación y Beneficios del SGE bajo la ISO 50001

- **Monitoreo y Análisis:** La ISO 50001 establece la necesidad de establecer una línea base energética y utilizar herramientas de monitoreo para evaluar el consumo y rendimiento energético. Este análisis permite identificar áreas de mejora y oportunidades para reducir el consumo de energía.
- **Estrategias de Optimización:** La norma proporciona directrices para la implementación de estrategias como el mantenimiento proactivo, la actualización de equipos y la adopción de tecnologías energéticamente eficientes, contribuyendo a la reducción del consumo y de los costos asociados.

**Beneficios:** Implementar un SGE conforme a la ISO 50001 ofrece múltiples beneficios, como la reducción de costos operativos, la disminución de la huella ambiental y la mejora en el desempeño general del edificio. La norma ayuda a establecer un enfoque sistemático para la gestión de la energía, promoviendo la eficiencia y sostenibilidad a largo plazo

## Perspectivas Futuras

La creciente preocupación por el cambio climático y la sostenibilidad impulsa a las organizaciones y gobiernos a fortalecer su compromiso con la gestión energética. La implementación de SGE en edificios, como promueve la Empresa Distribuidora, no solo ayuda a reducir el consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub>, sino que también contribuye a la sostenibilidad global. Las proyecciones indican que, con una adopción efectiva de medidas de eficiencia energética, se pueden alcanzar los objetivos de reducción de emisiones y contribuir a la mitigación del cambio climático.

### 2.2.2 CONTEXTO GLOBAL DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.

#### Contexto Global del Consumo Energético

A nivel mundial, el consumo de energía se distribuye en 4 principales sectores: industria, transporte, residencial y servicios comerciales y públicos. En 2020, los edificios representaron más del 30% del consumo global de energía, equivalente a aproximadamente 127.2 exajulios (EJ). Este porcentaje se proyecta que aumentará en un 40% para 2030, reflejando una creciente demanda de energía en el sector de edificios.

## EMISIONES DE CO2 POR SECTOR DEL MUNDO (1990-2021)

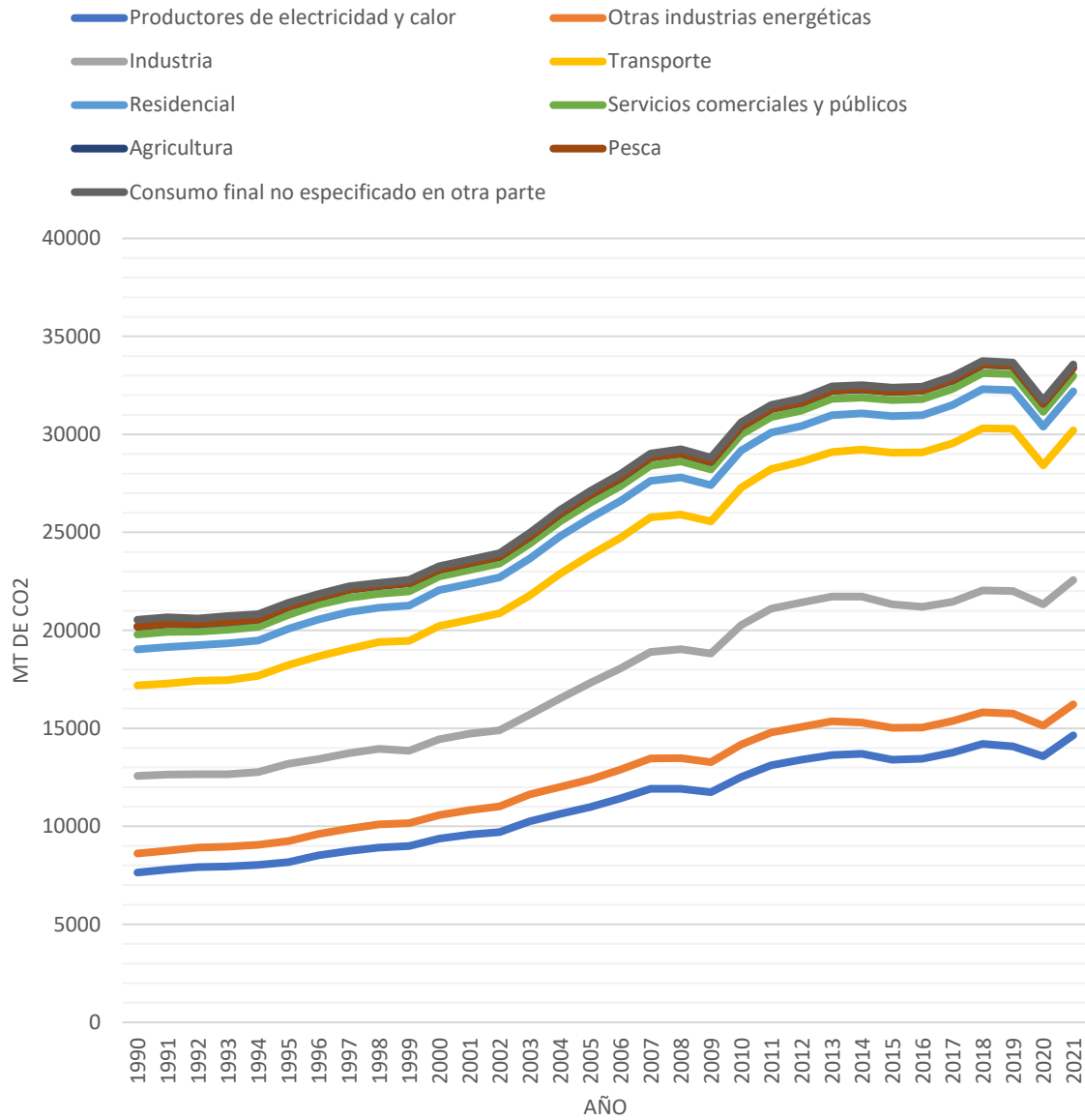


Figura 3: Emisiones de CO2 por sector del mundo (1990-2021). Fuente: Elaboración Propia en Excel con datos de IEA [1].

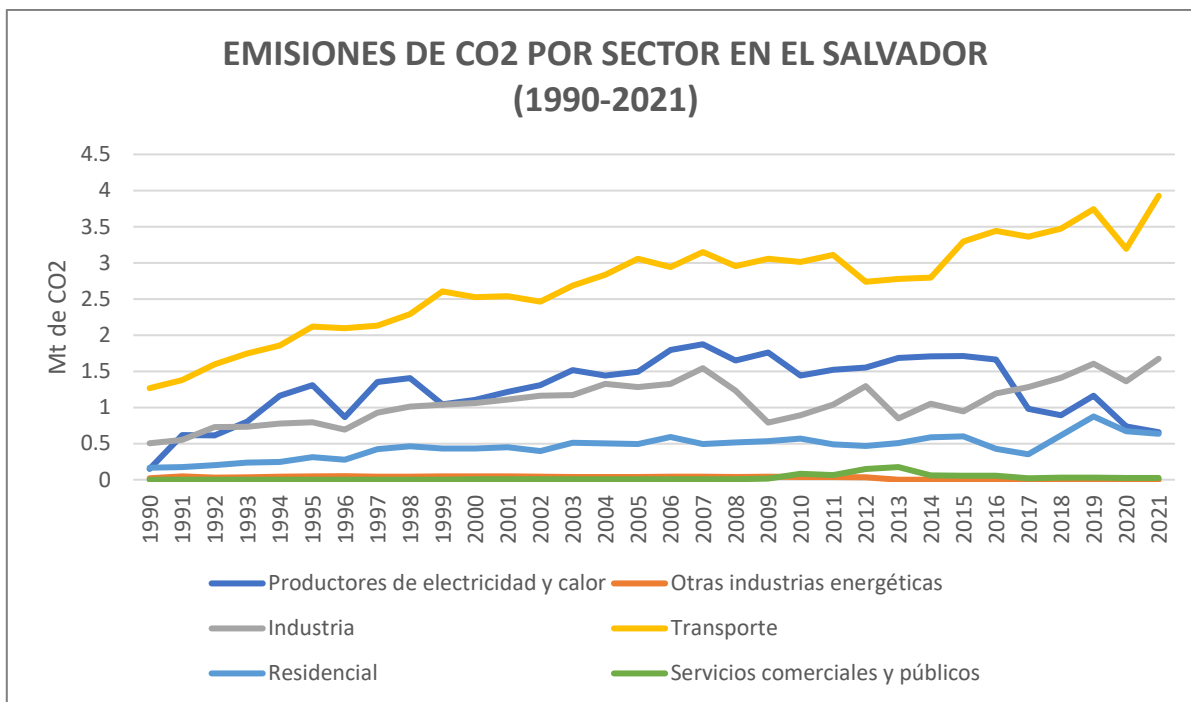


Figura 4: Emisiones de CO2 por sector en EL Salvador (1990-2021). Fuente: Elaboración Propia en Excel con datos de IEA [1].

### Emisiones de CO2 de los Edificios

Los edificios contribuyen significativamente a las emisiones globales de dióxido de carbono (CO2), representando alrededor del 15% de las emisiones totales, lo que equivale a aproximadamente 2718 megatoneladas (Mt) de CO2 aproximadamente, de los cuales 703.6 kilotoneladas (kt) de CO2 es la contribución de El Salvador. Sin embargo, se prevé una disminución del 15% en estas emisiones para 2030, gracias a la implementación de medidas de eficiencia energética y la adopción de tecnologías más limpias.

### Emisiones de CO2 de edificios a nivel global

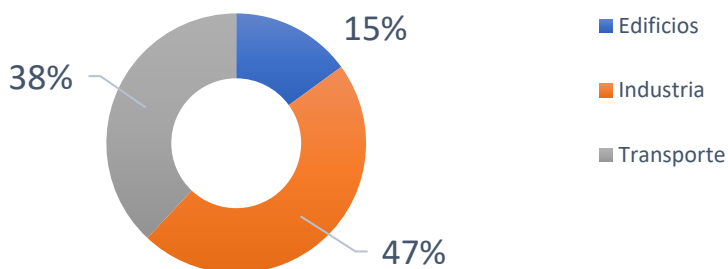


Figura 5: Emisiones mundiales de CO2 en 2020 de edificios. Fuente: Elaboración Propia en Excel

## 2.3 PROCESO DE BENCHMARKING

### 2.3.1 PROCESO DE BENCHMARKING EN EDIFICIOS ADMINISTRATIVOS

El benchmarking en edificios administrativos es una metodología que permite comparar el desempeño energético y operativo de un edificio con el de otros similares, identificando áreas de mejora y oportunidades para optimizar el uso de recursos [5]. Aquí se describe el proceso detallado de benchmarking aplicado a edificios administrativos:

#### 1. Recopilación de Datos

- **Datos Internos:** Recopilar información sobre el consumo energético actual del edificio, incluyendo datos sobre electricidad, refrigeración y otros consumos energéticos. Esto incluye facturas de energía, registros de mantenimiento, y datos de sistemas de gestión energética.
- **Datos Externos:** Obtener datos comparativos de edificios similares, que pueden incluir información de benchmarks sectoriales, estudios de caso, o bases de datos de eficiencia energética.

#### 2. Establecimiento de la Línea Base

- **Cálculo de la Línea Base:** Establecer una referencia o línea base del desempeño energético del edificio, utilizando los datos recolectados. Esto implica calcular el consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub> del edificio en relación con sus características operativas y ocupacionales (por ejemplo, consumo energético por metro cuadrado, por empleado, etc.).
- **Comparación:** Comparar los datos de la línea base con los datos de edificios similares para identificar dónde se encuentra el edificio en relación con el promedio del sector.

#### 3. Análisis y Comparación

- **Identificación de Brechas:** Analizar las diferencias entre el desempeño del edificio y los estándares de referencia. Identificar áreas donde el edificio se desempeña por debajo del promedio y donde se destacan.
- **Evaluación de Mejores Prácticas:** Investigar y evaluar las mejores prácticas y tecnologías utilizadas en edificios que tienen un rendimiento superior. Esto puede incluir prácticas de gestión energética, sistemas de climatización eficientes, o tecnologías de iluminación avanzada.

#### 4. Implementación de Mejoras

- **Desarrollo de Planes de Acción:** Crear un plan de acción basado en las áreas de mejora identificadas. Esto puede incluir la adopción de nuevas tecnologías, la optimización de sistemas existentes, o la implementación de prácticas de eficiencia energética.

- **Priorización:** Priorizar las acciones basadas en su impacto potencial, costos, y facilidad de implementación.

## 5. Comunicación y Reporte

- **Informes:** Documentar los resultados del benchmarking, incluyendo mejoras logradas, ahorro energético, y reducción de emisiones de CO2. Elaborar informes para comunicar los resultados a las partes interesadas y para cumplir con requisitos de certificación o regulaciones.
- **Divulgación:** Compartir las mejores prácticas y resultados con otras partes interesadas o dentro de una red de edificios similares para fomentar la adopción de estrategias de eficiencia energética.

### 2.3.2 BENEFICIOS DEL BENCHMARKING EN EDIFICIOS ADMINISTRATIVOS

- **Identificación de Oportunidades:** Permite detectar áreas de bajo rendimiento y oportunidades para mejorar la eficiencia energética.
- **Ahorro de Costos:** Contribuye a la reducción de costos operativos mediante la optimización del consumo energético.
- **Sostenibilidad:** Ayuda a reducir las emisiones de CO2 y a cumplir con los objetivos de sostenibilidad.
- **Mejora Continua:** Fomenta una cultura de mejora continua y proporciona una base para la toma de decisiones informadas sobre la gestión energética.

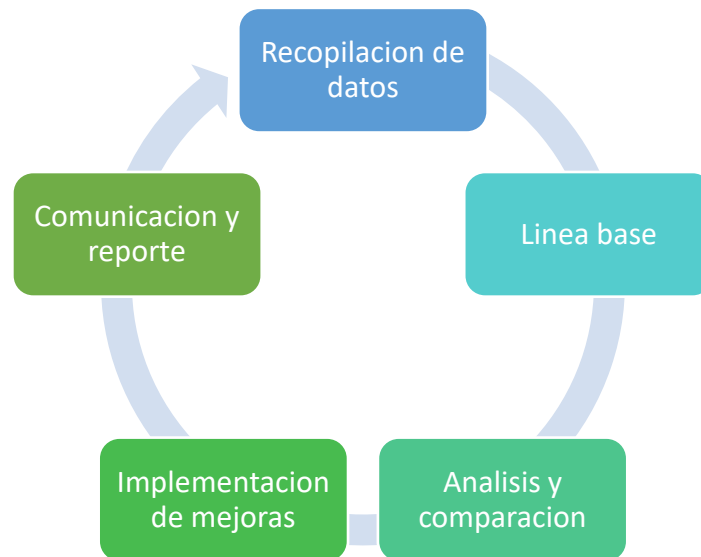


Figura 6: Proceso de BENCHMARKING para un edificio administrativo. Fuente: Elaboración propia en World.

## 2.4 COMPROMISO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA EN EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE EMPRESA DISTRIBUIDORA

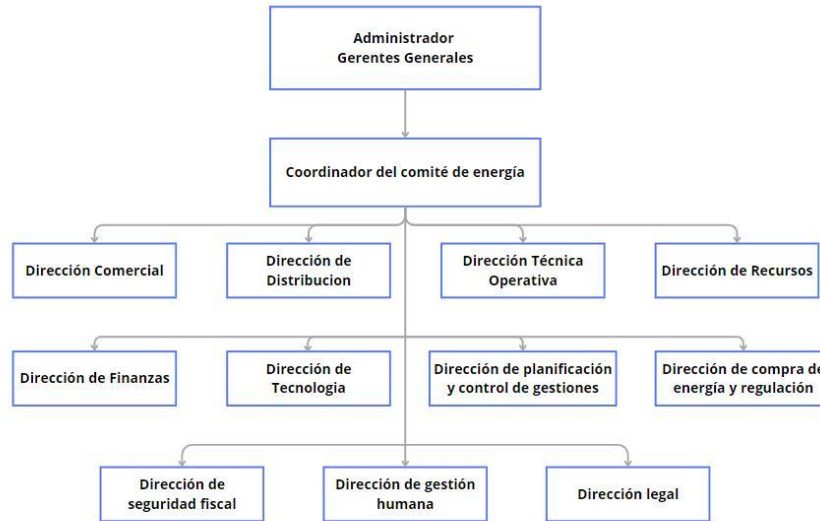
El compromiso de la empresa distribuidora con los Sistemas de Gestión de Energía (SGE) se enmarca dentro de un esfuerzo más amplio para mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. La empresa distribuidora, como entidad reguladora y supervisora en el sector energético, juega un papel crucial en la promoción de prácticas y estándares que favorecen la gestión eficiente de la energía en diferentes sectores, incluyendo edificios administrativos.

### **Estrategias y Políticas en Edificio Administrativo de Empresa Distribuidora**

La empresa distribuidora implementa y promueve políticas que fomentan la adopción de sistemas de gestión de energía basados en normas internacionales como la ISO 50001. Estas políticas incluyen:

- **Regulación y Normativas:** Establecimiento de regulaciones que obligan a las organizaciones a adoptar prácticas de eficiencia energética.
- **Incentivos y Apoyo:** Provisión de incentivos para empresas que implementen tecnologías y prácticas eficientes en el uso de energía.
- **Monitoreo y Evaluación:** Desarrollo de sistemas de monitoreo para evaluar el desempeño energético y asegurar el cumplimiento de las normativas establecidas.

Según la Norma ISO 50001 para la implementación de un Sistema de Gestión de Energía (SGE) las empresas tienen que documentarlo, ejecutarlo y mejorarlo constantemente siguiendo el ciclo Planear – Hacer – Revisar – Actuar (Figura 1). Para ello es de vital importancia tener el apoyo de la alta dirección de la empresa, la cual debe brindar todos los recursos necesarios y nombrar a un representante para que supervise el desarrollo del sistema. También se tiene que involucrar a todos los departamentos relacionados con los objetivos del SGE nombrando un representante por departamento y así formar un equipo de trabajo colaborativo.



*Figura 7: Estructura del Comité de Energía de la empresa. Fuente: Elaboración propia*

Teniendo en cuenta la Norma ISO 50001 se recomienda elaborar un breve y conciso documento con el fin de lograr los objetivos y metas de la empresa:

- Nivel de competencia en gestión energética.
- Tendencias de consumo históricos, consumos energéticos, etc.
- Estimado de costo de la implementación del SGE.
- Estimado del costo de implementación del SGE.
- Experiencias y resultados alcanzados por otras organizaciones.

## CAPITULO 3: ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE ENERGÉTICA

### 3.1 METODOLOGÍA

#### 3.1.1 RECOPIACIÓN DE DATOS

A lo largo de un año, se ha recopilado información por medio del software del edificio administrativo (OPEN), obteniendo un registro detallado del consumo energético mensual. Esta información incluye tanto los datos de consumo en kilovatios-hora (kWh) como los costos asociados, y será fundamental para establecer la línea base de desempeño energético, conforme a los requisitos de la norma ISO 50001. El análisis de estos datos permitirá identificar patrones de consumo, variaciones estacionales y posibles áreas de ineficiencia, considerando factores como la ocupación y las condiciones climáticas. Posteriormente, esta línea base servirá como referencia para implementar mejoras en la eficiencia energética y monitorear el progreso a lo largo del tiempo, en el marco de un sistema de gestión de energía eficaz.

Para nuestro caso, obtuvimos los datos por medio del software de la empresa, ya que por ser la Empresa Distribuidora (ED) el consumo es propio y lo controlan mediante dicho software, de igual forma se anexan los datos necesarios.

#### Consumos de Luminarias y Equipo Eléctrico (EE)

Servicio	Tipo de Servicio	Fecha Fact.	Sec.	Consumo (KWh)	Potencia (Kw)
2500003	Energía regulada	11/07/2024	0	6,688.00	10.00
2500003	Energía regulada	11/06/2024	0	7,800.00	10.00
2500003	Energía regulada	11/05/2024	0	8,152.00	10.00
2500003	Energía regulada	11/04/2024	0	7,848.00	10.00
2500003	Energía regulada	12/03/2024	0	7,960.00	10.00
2500003	Energía regulada	10/02/2024	0	7,552.00	10.00
2500003	Energía regulada	11/01/2024	0	6,416.00	10.00

Figura 8: Consumos mensuales de diciembre-2023 a junio-2024 de ED. Fuente: Software de ED

Servicio	Tipo de Servicio	Fecha Fact.	Sec.	Consumo (KWh)	Potencia (Kw)
2500003	Energía regulada	12/12/2023	0	7,664.00	10.00
2500003	Energía regulada	11/11/2023	0	6,896.00	10.00
2500003	Energía regulada	12/10/2023	0	7,744.00	10.00
2500003	Energía regulada	12/09/2023	0	8,256.00	10.00
2500003	Energía regulada	12/08/2023	0	8,056.00	10.00
2500003	Energía regulada	13/07/2023	0	8,648.00	10.00

Figura 9: Consumos mensuales de junio a noviembre de 2023 de ED. Fuente: Software de ED

### Consumos de Aires Acondicionados (A/A)

Servicio	Tipo de Servicio	Fecha Fact.	Sec.	Consumo (KWh)	Potencia (Kw)
2500008	Energia regulada	11/07/2024	0	7,502.88	34.92
2500008	Energia regulada	11/06/2024	0	9,135.00	54.40
2500008	Energia regulada	11/05/2024	0	8,664.04	48.72
2500008	Energia regulada	11/04/2024	0	8,184.96	56.84
2500008	Energia regulada	12/03/2024	0	8,055.04	48.72
2500008	Energia regulada	10/02/2024	0	6,885.76	37.35

Figura 10: Consumos mensuales de enero a junio de 2024 de ED. Fuente: Software de ED

Servicio	Tipo de Servicio	Fecha Fact.	Sec.	Consumo (KWh)	Potencia (Kw)
2500008	Energia regulada	11/01/2024	0	6,439.16	40.60
2500008	Energia regulada	12/12/2023	0	8,785.84	52.78
2500008	Energia regulada	11/11/2023	0	7,454.16	49.53
2500008	Energia regulada	12/10/2023	0	7,915.38	64.15
2500008	Energia regulada	12/09/2023	0	8,746.86	58.46
2500008	Energia regulada	12/08/2023	0	8,347.36	58.46
2500008	Energia regulada	13/07/2023	0	8,323.00	58.46

Figura 11: Consumos mensuales de junio a diciembre de 2023 de ED. Fuente: Software de ED

### 3.2 RESUMEN DE CONSUMO

Como empresa distribuidora del sector eléctrico, una de sus funciones principales es llevar un control detallado de la facturación de cada usuario final del consumo eléctrico. Desde la perspectiva de un Sistema de Gestión de la Energía (SGE), esta información es de gran valor, ya que facilita el análisis del consumo histórico de energía eléctrica.

La base de datos de la empresa proporciona acceso a los registros de consumo en kWh del edificio administrativo durante un año, lo que permite obtener una visión general de la evolución del consumo energético. Esto ayuda a identificar los consumos más representativos para su uso dentro del SGE. Para el análisis, se considerarán los datos registrados entre julio de 2023 y junio de 2024.

### 3.2.1 RESUMEN DE CONSUMO DE LUMINARIAS Y EQUIPO ELÉCTRICO

A continuación, se muestra la figura con el consumo mensual histórico de energía del edificio principal, durante el período comprendido entre julio de 2023 y junio de 2024.

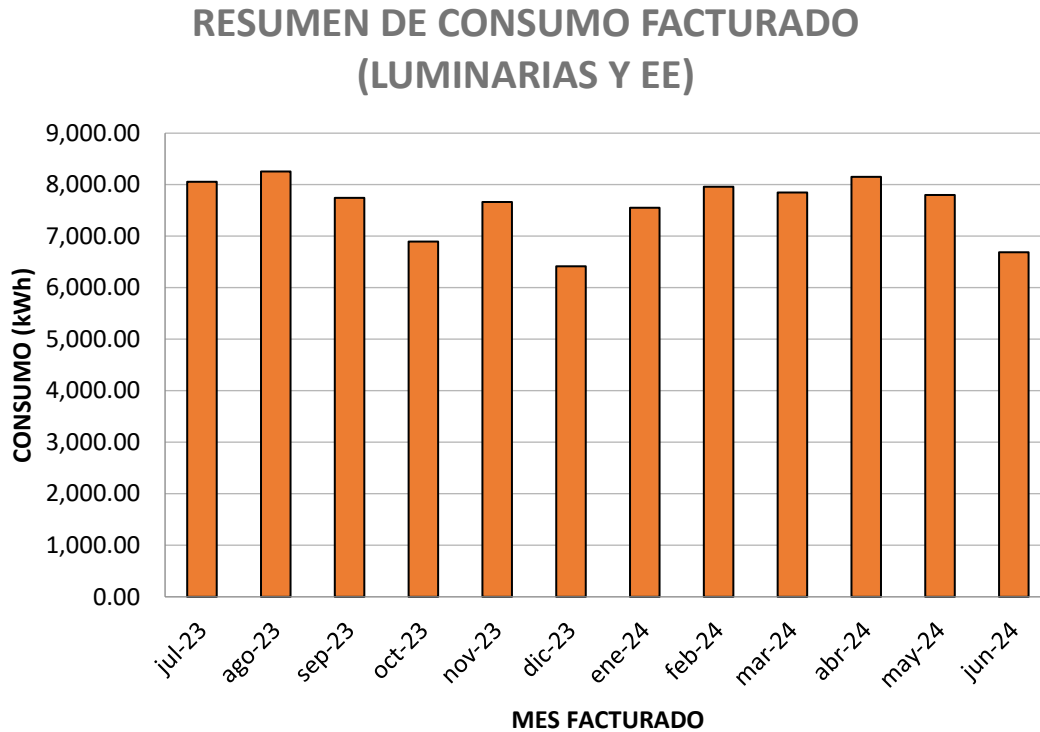


Figura 12: Consumo mensual de luminarias y EE (kWh) jul-23 hasta jun-24. Fuente: Elaboración Propia en Excel

El gráfico de la figura 12 muestra un resumen del consumo de energía eléctrica facturado (en kWh) a lo largo de los meses entre julio de 2023 y junio de 2024.

#### **Picos de Consumo:**

- ✓ Los meses de julio y agosto de 2023 y abril de 2024 registran los valores más altos de consumo, cercanos a los 8,300 kWh.

#### **Estabilidad:**

- ✓ Después de una ligera caída en septiembre, en octubre de 2023 cae a menos de los 7,000 kWh, luego el consumo vuelve a subir en noviembre, pero diciembre vuelve a bajar drásticamente para luego volver a subir y mantenerse relativamente estable, oscilando entre 7,000 y 8,000 kWh.
- ✓ El periodo entre enero y mayo de 2024 exhibe una tendencia estable, con el consumo manteniéndose consistentemente entre los 7,500 y 8,000 kWh, lo que indica un patrón más regular en esos meses.

### Meses de Bajo Consumo:

- ✓ En octubre y diciembre de 2023 y junio de 2024 muestran una caída considerable en el consumo, con el valor más bajo observado en junio de 2024, por debajo de los 7,000 kWh.

### 3.2.2 DETERMINACIÓN DE LÍNEA DE CONSUMO PROYECTADA DE LUMINARIAS Y EE

Para el análisis del consumo de energía basado en la figura 12, podemos establecer una **línea base proyectada** que se ha determinado a partir de una regresión lineal basada en mínimos cuadrados la cual es una técnica de estadística en la que se busca una línea recta que mejor se ajuste a los datos proporcionados, dicha línea se ajusta de manera que la suma de los cuadrados de cada uno de las desviaciones con respecto a la línea proyectada sea la mínima posible, por lo que esta línea representa la relación lineal más probable entre los datos de consumo y a partir de ella podemos visualizar la tendencia de consumo ya sea aumento, reducción o constancia en los consumos mensuales.

### Determinación de la Línea Base:

El consumo de energía parece mantenerse estable entre enero y mayo de 2024, con valores cercanos a los 7,500 y 8,000 kWh. Las fluctuaciones de consumo en el transcurso del año son poco por lo que puede hacerse una tendencia representativa de forma lineal.

La línea base predicha podría fijarse en un promedio de **7,750 kWh por mes** para estos cinco meses, debido a su estabilidad.

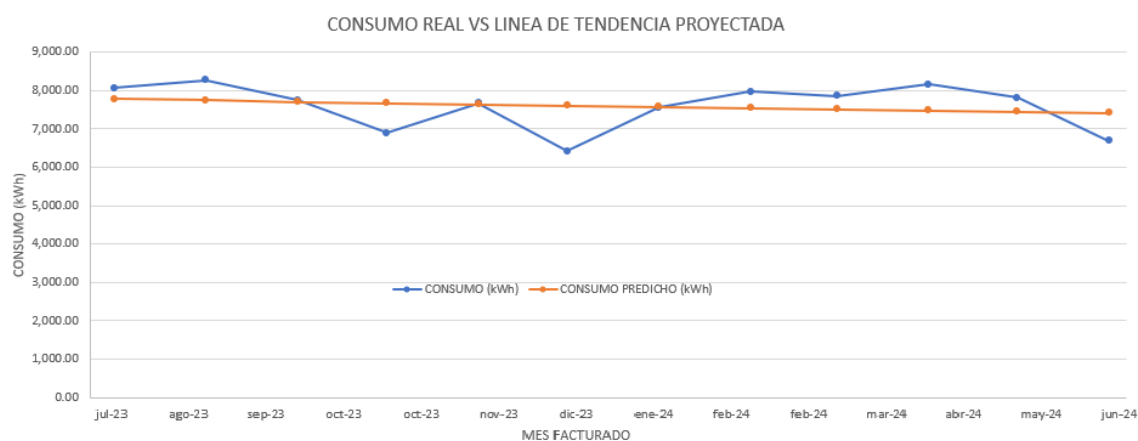


Figura 13: Análisis de regresión a consumo de luminarias y EE. Fuente: Elaboración Propia en Excel

### **Comparación con la Línea Base:**

En la gráfica 13, podemos ver los consumos mensuales y la línea base obtenida a partir de la regresión lineal por mínimos cuadrados, en donde puede identificarse los meses en el que el consumo aumenta o disminuye con respecto a la tendencia predicha.

Meses con consumo por encima de la línea base: Los meses de julio 2023, agosto 2023 y de febrero a mayo de 2024 están claramente por encima de la línea base, con consumos cercanos a los 8,000 kWh pudiéndose notar que el mayor consumo se da en el mes de agosto.

Meses con consumo por debajo de la línea base: octubre 2023, diciembre 2023 y junio 2024 muestran un consumo menor. Se puede notar que el consumo menor se da en el mes de diciembre.

Las variaciones del consumo con respecto a los valores predichos en la línea base pueden deberse a varios factores como lo son variaciones en los niveles de ocupación en el edificio que puede deberse a meses con mayor número de días festivos y vacaciones, variaciones en el consumo de climatización debidos a factores climáticos como cambios estacionales por temporada (Temporada fresca de noviembre a febrero entre  $15^{\circ}\text{C}$  y  $30^{\circ}\text{C}$  y temporada cálida marzo a octubre entre  $20^{\circ}\text{C}$  y  $38^{\circ}\text{C}$ ), días soleados o días nublados o cambio de equipos con mayor eficiencia energética implementada durante esos meses.

### **Análisis:**

Los meses entre enero y mayo de 2024 proporcionan una referencia estable para predecir el comportamiento futuro del consumo. Los meses con mayor consumo (julio, agosto y algunos meses de otoño) podrían estar relacionados con factores estacionales o cambios en el uso de las instalaciones. La línea base predicha puede ayudar a establecer objetivos de reducción de consumo, especialmente durante los meses con picos más altos. Asimismo, los meses con consumo por debajo de la base pueden ser analizados para identificar buenas prácticas o mejoras que podrían replicarse en otros periodos.

### 3.2.3 RESUMEN DE CONSUMO DE EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN (A/A)

A continuación, se muestra la figura con el consumo mensual histórico de energía del edificio principal, durante el período comprendido entre julio de 2023 y junio de 2024.

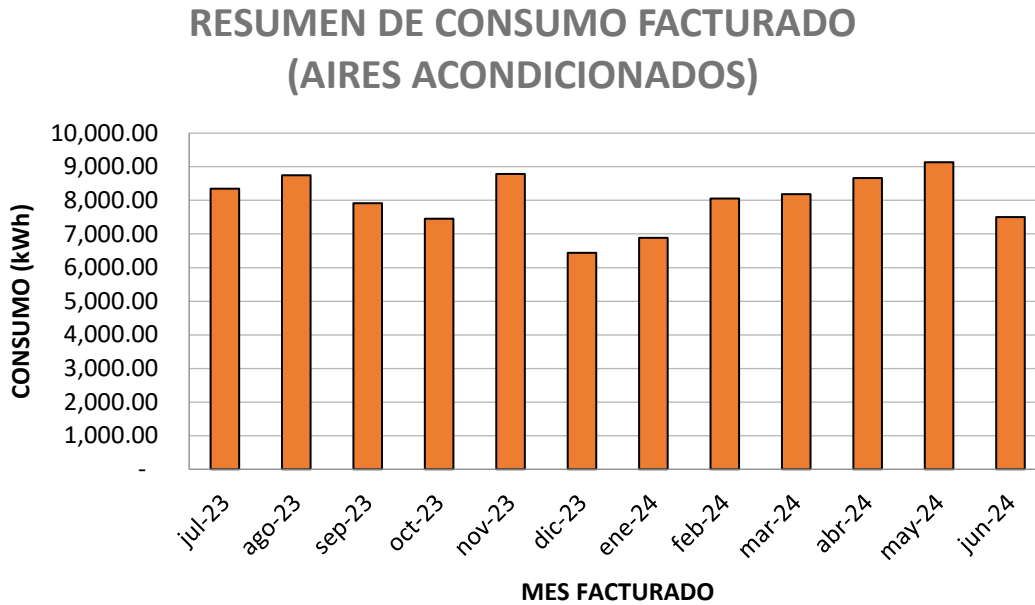


Figura 14: Consumo mensual de luminarias y EE (kWh) jul-23 hasta jun-24. Fuente: Elaboración Propia en Excel

El gráfico de la figura 14 muestra un resumen del consumo de energía eléctrica facturado (en kWh) a lo largo de los meses entre julio de 2023 y junio de 2024.

#### **Picos de Consumo:**

- ✓ El mes de mayo 2024 registra el valor más alto de consumo de 9,135 kWh.

#### **Estabilidad:**

- ✓ Exceptuando los altos y bajos consumos los demás meses se mantienen con una fluctuación constante entre los 7,000 y 8,500 kWh. Después de la ligera caída de diciembre de 2023 y enero de 2024.

#### **Meses de Bajo Consumo:**

- ✓ En diciembre de 2023 y enero de 2024 muestran una caída considerable en el consumo, teniendo el valor más bajo observado en diciembre de 6,439 kWh.

### 3.2.4 DETERMINACION DE LÍNEA BASE PROYECTADA DE SISTEMA DE EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN (A/A)

El consumo energético para los equipos de climatización también puede analizarse comparándolo con una línea de tendencia la cual se ajuste de tal manera que las desviaciones de los consumos sea la mínima. al hacer dicha regresión por mínimos cuadrados se obtiene el siguiente gráfico:

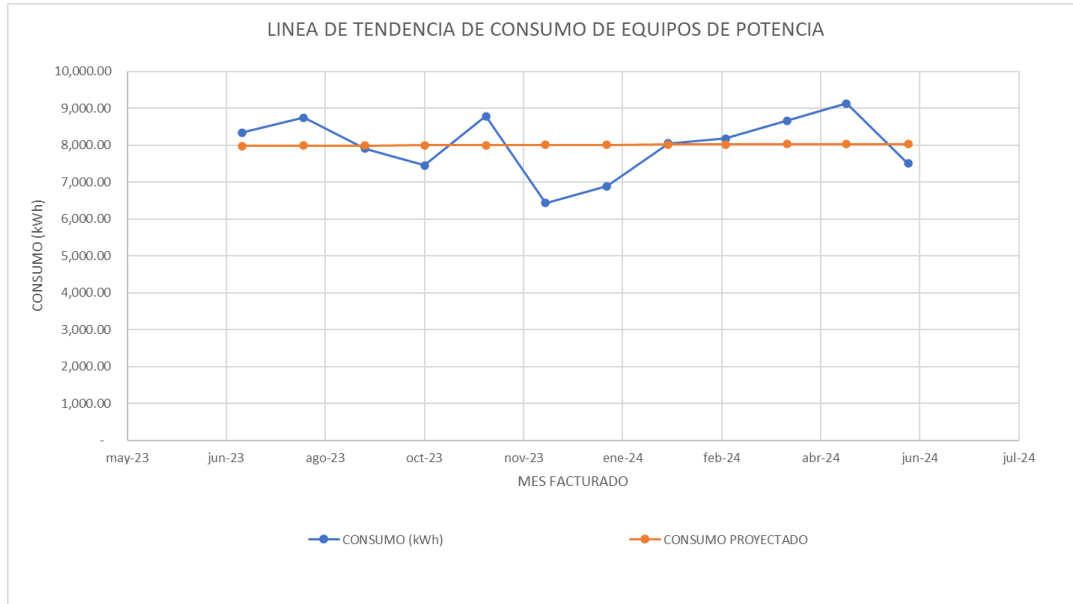


Figura 15: Análisis de regresión a consumo de climatización (A/A). Fuente: Elaboración Propia en Excel

El consumo energético de los equipos de climatización muestra cierta estabilidad, pero con picos más marcados en algunos meses. A partir de los valores proyectados por la regresión lineal, se observa que los consumos predichos se mantienen en un valor constante en el periodo analizado, lo que sugiere una línea base cercana a los 8,000 kWh por mes. Esta línea base es representativa del comportamiento esperado para el sistema de climatización, ya que refleja un patrón predecible sin grandes fluctuaciones.

#### Comparación con la línea base para equipos de climatización:

Meses con consumo por encima de la línea base: En agosto de 2023, noviembre de 2023, abril de 2024, y mayo de 2024 se observa un consumo superior al proyectado. El mayor consumo se da en mayo de 2024, con un 13.7% más que la proyección predicha (8032 kWh). Esto sugiere que, en estos meses, el uso de los equipos de climatización fue más intenso, posiblemente debido a aumentos en la demanda de enfriamiento.

Meses con consumo por debajo de la línea base: octubre de 2023, diciembre de 2023, enero de 2024, y junio de 2024 presentan consumos por debajo de la línea base proyectada. El menor consumo se registra en diciembre de 2023, con un 19.65% por debajo de la predicción (8000 kWh), lo cual podría estar relacionado con una menor demanda de enfriamiento debido a factores climáticos o días festivos con baja ocupación.

## **Análisis:**

En resumen, los meses de agosto, noviembre y mayo registran los mayores consumos de energía, lo que sugiere picos en el uso de los sistemas de climatización, probablemente debido a temperaturas elevadas o mayor ocupación de las instalaciones. Estos picos indican que los equipos de climatización podrían necesitar mejoras para evitar sobrecargas durante estos meses de alta demanda. En contraste, los meses con menor consumo (diciembre, enero y junio) están asociados con temperaturas más bajas o menor ocupación, lo que reduce la necesidad de climatización.

El consumo de los sistemas de aire acondicionado es relativamente estable, con una línea base cercana a los 8,000 kWh al mes. Los meses de mayor consumo deben ser analizados para identificar estrategias de reducción de consumo, como ajustes en los sistemas de climatización según las necesidades reales o mejorar la eficiencia energética de los equipos. Los meses con menor consumo representan una oportunidad para replicar buenas prácticas que ayuden a gestionar mejor la demanda energética durante los picos.

## **3.3 DESCRIPCIÓN ENÉRGICA Y DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS DE LA EMPRESA**

### **3.3.1 DISTRIBUCIÓN DEL EDIFICIO**

El edificio administrativo de la empresa está compuesto principalmente por oficinas dedicadas a la prestación de servicios. A diferencia de una fábrica, donde es fácil medir la relación entre los volúmenes de producción y la energía consumida, aquí no es tan sencillo. Sin embargo, es posible asignar centros de costo por cada área. El edificio tiene un plantel de 516.14 m<sup>2</sup> que incluye distintas áreas, como oficinas generales, salas de reuniones, cafetería, bodega, cuarto eléctrico, baños, y el área de planificación e ingeniería.

A continuación, se puede observar en la figura la distribución de planta del edificio administrativo y sus áreas.



### 3.3.2 DISTRIBUCIÓN

El edificio consta de diferentes ubicaciones, en la siguiente tabla se expresan las áreas ocupadas del recinto.

Tabla 1: Distribución de áreas del plantel de Edificio Administrativo. Fuente: Propia

Área	Cantidad	Superficie (m2)	Altura (m)
Sala de reunión	1	18.05	2.1
Baño de mujeres	1	13.90	2.1
Bodega	1	3.44	2.1
Cuarto eléctrico	1	7.94	2.1
Baño de hombres	1	13.90	2.1
Oficina general 1	4	34.04	2.1
Sala de reunión 2	1	8.51	2.1
Área de impresora	1	1.96	2.1
Puestos no fijos	4	8.16	2.1
Área de impresora 2	1	2.88	2.1
Cabina telefónica	1	2.4	2.1
Área vacía	1	1.08	2.1
Jefaturas	6	48.88	2.1
Puestos de trabajo, cubículos	1	290.35	2.1
Vestíbulo	1	23.9	2.1
Cafetería	1	36.75	2.1
<b>Total</b>		<b>516.14</b>	

Como se puede observar de la tabla 1 se tiene un área de:

$$\text{Area} = 516.14 \text{ m}^2$$

### 3.3.3 OCUPACIÓN DE ÁREAS

La ocupación de cada espacio se calcula en función de la cantidad de personas por metro cuadrado, sin que necesariamente cada ocupante tenga un puesto fijo. Un ejemplo de esto serían los baños, donde la ocupación se estima según la densidad de uso potencial que podría haber en lugar de asignar espacios permanentes a cada usuario.

Tabla 2: Ocupación por áreas de Edificio Administrativo. Fuente: Propia

Recinto	Área (m2)	Cant. De personas	Densidad de ocupación (per/m2)
Sala de reunión grande	18.05	8	0.443213296
Baño de mujeres	13.90	4	0.287800842
Bodega	3.44	1	0.290697674
Cuarto eléctrico	7.94	2	0.251889169
Baño de hombres	13.90	3	0.215850631
4 oficinas generales	34.04	12	0.352526439
Sala de reunión pequeña	8.51	4	0.470035253
Área de impresora 1	1.96	1	0.510204082
Puestos no fijos	8.16	4	0.490196078
Área de impresora 2	2.88	1	0.347222222
Cabina telefónica	2.4	1	0.416666667
Área vacía	1.08	1	0.925925926
Jefaturas	48.88	12	0.245499182
Puestos de trabajo, cubículos	290.35	53	0.182537373
Vestíbulo	23.9	4	0.167364017
cafetería	36.75	12	0.326530612

### 3.3.4 DESCRIPCIÓN DE USOS Y CONSUMOS DE LA ENERGÍA

Se realizó una tabulación de los grupos de dispositivos para determinar qué porcentaje de consumo generan y cuáles tienen un impacto significativo en el uso de energía del edificio.

Cabe mencionar que la instalación del edificio administrativo cuenta con diferentes NIC de consumos, pero para nuestro análisis decidimos utilizar los de más alto consumo.

#### Porcentaje de Utilización

El gráfico circular muestra que los sistemas de aire acondicionado son los principales responsables del aumento del consumo energético en el edificio administrativo, seguidos de cerca por el equipo de oficina y luego por la iluminación, terminando con un pequeño porcentaje de electrodomésticos.

## Consumo por grupos kWh de Edificio Administrativo

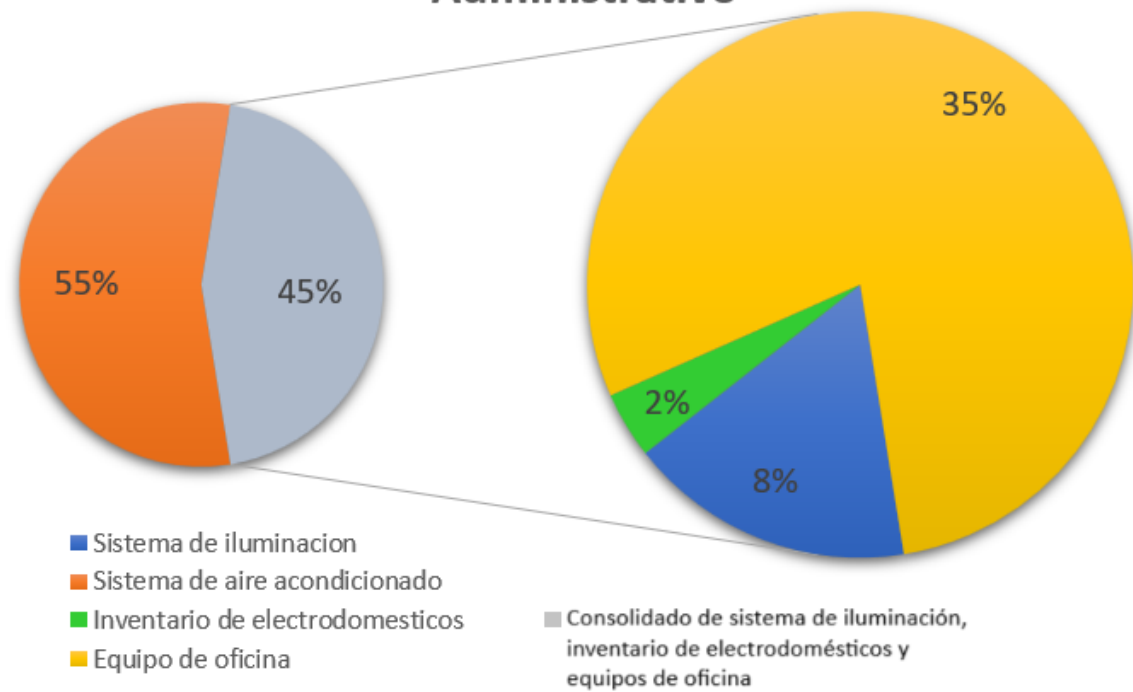


Figura 17: Gráfica circular con respecto a consumo por grupos en el edificio. Fuente: Elaboración Propia en Excel

En ambos gráficos de la figura 17 se muestran diferentes dispositivos que consumen energía, se destaca la relevancia del **sistema de aire acondicionado** en el gráfico de la izquierda, mientras que en el gráfico de la derecha el **consumo total del edificio**. La luminaria, equipo de oficina y electrodomésticos, es el grupo que más energía consume.

Los gráficos sugieren que hay una diferencia en cómo se distribuye el consumo entre distintos entornos o sistemas de uso de la energía.

Además, para establecer metas de ahorro, es necesario analizar los hábitos laborales de los empleados en cada departamento. Este análisis permitirá definir objetivos y detectar oportunidades de ahorro energético.

## 3.5 PERFIL DE CARGA

### 3.5.1 DESARROLLO DEL PERFIL DE CARGA DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO

Entre el 11 y el 17 de Julio de 2024 se llevaron a cabo mediciones en tiempo real en la acometida del edificio administrativo de distribución, utilizando equipo de monitoreo. Para obtener el perfil de consumo, se empleó el dispositivo FLUKE 1746, propiedad de la institución.



*Figura 18:FLUKE 1746 propiedad de la empresa distribuidora*

Conexión de FLUKE 1746 por parte de la empresa distribuidora con todas las protecciones necesarias para la recolección de datos.



*Figura 19: Conexión de FLUKE 1746 por técnicos de la empresa distribuidora.*



### **Ciclos de actividad:**

- ✓ Existen períodos de inactividad o de bajo consumo (aproximadamente entre 2 y 4 kW), que probablemente corresponden a horarios nocturnos o momentos en que el edificio tiene menos uso.
- ✓ Además, se puede observar que el edificio mantiene una demanda de potencia constante de alrededor de 2 kW, incluso durante los fines de semana. Esto se debe a que la infraestructura del edificio incluye sistemas informáticos y de climatización que operan de manera continua las 24 horas del día.

### **Variaciones extremas:**

Hay algunos momentos en los que la potencia disminuye significativamente, incluso llegando a valores negativos cercanos a los -4 kW, lo cual podría ser indicativo de algún tipo de comportamiento de regeneración de energía o de un fenómeno de inversión de potencia (posiblemente relacionado con fuentes de energía renovable o algún error en la toma de datos).

### **Conclusiones preliminares:**

- ✓ Existe un ciclo claro de mayor consumo en ciertos días, probablemente vinculado a los horarios de mayor actividad del edificio (Entre las 8:00 AM a 12 MD y entre 1:00 PM a 4:00 PM).
- ✓ La demanda constante de 2 kW, incluso en los días de menor actividad, evidencia que los sistemas informáticos y de climatización del edificio operan de forma ininterrumpida, las 24 horas del día, además de los sistemas de luminarias ya sea dentro y fuera del edificio en los turnos nocturnos lo que explica este consumo basal.

### **3.5.2 PROMEDIO DE UN DÍA DE PERFIL DE CARGA**

Con base en los resultados de la figura anterior, se seleccionaron los días correspondientes a la semana laboral del edificio administrativo, de lunes a viernes, con el objetivo de establecer un día promedio de demanda de potencia. Este resultado se presenta en la figura siguiente.

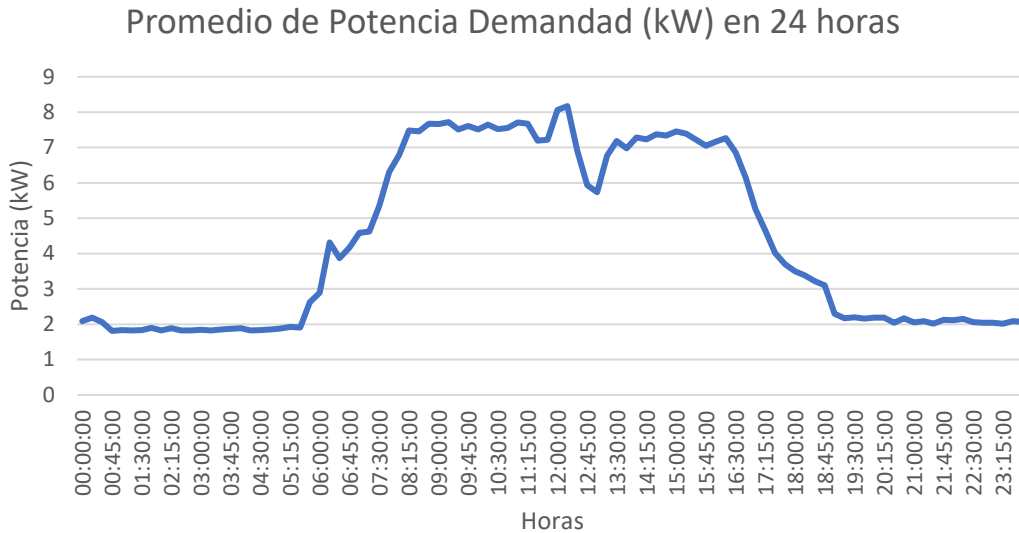


Figura 21: Promedio de potencia demanda por el edificio administrativo en 24 horas. fuente: propia

El gráfico 21 muestra el **promedio de potencia demandada** en función del tiempo a lo largo de un día, donde: El eje **X** representa las horas del día (desde las 00:00 hasta las 23:00). El eje **Y** indica la **potencia demandada** en kilovatios (kW).

#### **Bajas demandas iniciales (00:00 a 06:00 horas)**

Durante la madrugada, la demanda de potencia es baja y constante, situándose entre 1 y 2 kW, el consumo proviene de equipos en stand-by como refrigeradoras y tal vez algunas luminarias de emergencia o sistemas de vigilancia. Esto refleja un consumo reducido, probablemente porque en este periodo muchas actividades son del horario nocturno.

#### **Incremento rápido de la demanda (06:00 a 08:00 horas)**

A partir de las 06:00, la demanda de potencia comienza a aumentar rápidamente hasta llegar a un pico cercano a los 8 kW alrededor de las 08:00. Esto puede coincidir con el encendido de luminarias (paneles 2x2 y otros tipos) y el inicio de actividades diarias donde se encienden la mayoría de los equipos de oficina. (uso ocasional de microondas, refrigeradora, y algunos equipos como computadoras).

#### **Horas laborales principales (08:00 - 12:00):**

El consumo alcanza su punto más alto (~7-8 kW), lo que se explica por:

- Uso intensivo de las 70 computadoras de escritorio.
- Operación de luminarias en oficinas y áreas comunes.
- Uso moderado de equipos de oficina (impresora, microondas, percolador, refrigeradora, televisor para presentaciones).

**Mediodía (12:00 - 13:00):**

Pico de demanda momentáneo (~8.3 kW). Posiblemente relacionado con el uso intensivo del microondas, percolador y refrigeradora durante la hora de almuerzo.

**Tarde (13:00 - 17:00):**

Demanda alta y estable (~7-8 kW). Continuación de las actividades laborales con uso intensivo de equipos

La potencia demandada se mantiene alta entre los 7 y 8 kW durante casi todo el día, lo que indica un uso intensivo de energía durante el horario laboral puesto que todos los equipos se mantienen encendidos. Hay un pico máximo y luego un pequeño descenso alrededor de las 12:00 o 13:00, posiblemente debido a una pausa en la actividad (horario del almuerzo), donde se apaga la mayoría de equipos de oficina como las computadoras y sus componentes y algunas luminarias.

**Caída gradual en la tarde (17:00 a 19:00 horas)**

Después de las 17:00 horas, la demanda empieza a descender de manera gradual. Esto puede estar relacionado con el cierre de actividades del edificio y una disminución en el uso de equipos de oficina y las luminarias de casi todas las áreas (a medida que las actividades se reducen y se apagan luminarias y computadoras).

**Demanda baja y estable por la noche (19:00 a 23:00 horas)**

Durante la noche, la potencia demandada vuelve a bajar a valores cercanos a los observados en la madrugada, entre 1 y 2 kW, reflejando un patrón de consumo reducido, aunque con algunos dispositivos en uso, como lo son algunas luminarias.

**Conclusión:**

El gráfico presenta un patrón típico de consumo energético a lo largo de un día, donde el pico de demanda se concentra en las horas laborales, con un descenso notable hacia la noche y un mínimo en la madrugada. Este comportamiento es común en entornos comerciales administrativos, donde la demanda energética sigue los ciclos de actividad humana y empresarial.

### 3.6 IMPACTO AMBIENTAL Y ECONÓMICO

#### 3.6.1 IMPACTO AMBIENTAL Y COSTO ECONÓMICO DEL CONSUMO ENERGÉTICO

Para calcular el costo económico del consumo de energía eléctrica en el edificio, se utilizará la tarifa establecida con la empresa comercializadora, que proporciona una tarifa variable de \$0.14 a \$0.15 por kWh consumido, y ya que es una Empresa Distribuidora solo se le aplica el cargo de energía. Estas tarifas pueden variar a lo largo del año y fueron fijadas desde que se implementaron en 2023.

Bloque 3: Consumos mayores o iguales a 200 kWh/mes									
		CAESS	DELSUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO
Cargo de Comercialización:									
Cargo Fijo	US\$/Usuario-m	0.837715	0.979692	0.759466	0.891345	0.792871	1.581505	0.867936	0.995852
Cargo de Energía:									
Cargo Variable	US\$/kWh	0.146487	0.142718	0.147499	0.147708	0.150283	0.137555	0.150324	0.130355
Cargo de Distribución:									
Cargo Variable	US\$/kWh	0.048087	0.080377	0.090206	0.085280	0.091716	0.137529	0.037964	0.045186

Figura 22: Pliego tarifario aplicable a la Empresa Distribuidora [8].

Para evaluar el impacto ambiental del consumo eléctrico, se aplicará el factor de emisión de CO<sub>2</sub> para El Salvador. Para obtener este dato se ingresó a varias fuentes de información y así poder comparar el más acorde a nuestro país. Una de ellas fue la página oficial de la IEA y se buscó en su base de datos y estadísticas las emisiones de CO<sub>2</sub> para cada país, para nuestro caso es El Salvador. Hay que tener en cuenta que el último año con datos actualizados es el 2022.

#### Cálculo de Factor de emisión para El salvador

El factor de emisión de CO<sub>2</sub> (kg CO<sub>2</sub>/kWh) para un país como El Salvador depende de la mezcla de fuentes de generación eléctrica [5]. Este valor refleja la cantidad de dióxido de carbono emitido por cada kilovatio-hora generado, y se puede calcular considerando:

**Datos de generación eléctrica por fuente:** Identificar la cantidad de energía generada (en GWh o kWh) por cada tipo de fuente: combustibles fósiles (diésel, carbón, gas natural), renovables (hidroeléctrica, solar, eólica) y otras fuentes [7].

### Matriz de Generación Acumulada 2023 (GWh)

Última referencia: 31-12-2023 (OFC)

Biomasa	Bunker	Diesel	Geotérmica	Hidroeléctrica	SFV	Eólico	GNL
532.3	694.9	0.7	1,478.4	1,483.4	539.1	167.5	2,480.6

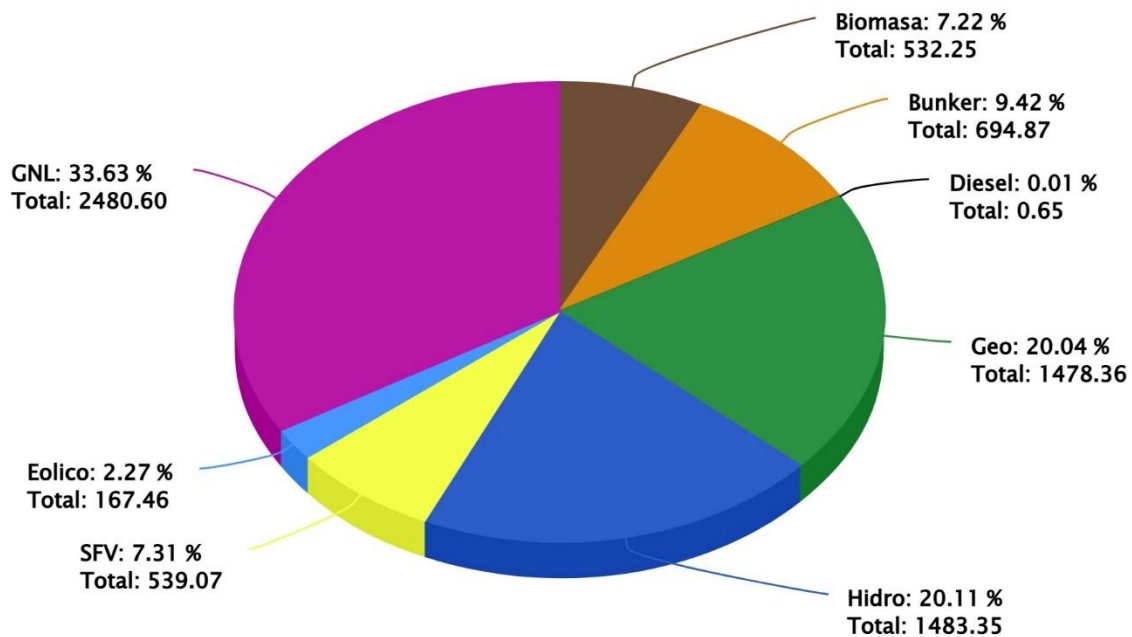


Figura 23: Matriz de generación acumulada 2023 (GWh) en El Salvador. Fuente: Dirección General de Energía, Hidrocarburos y Minas [7].

### Factores de emisión específicos por tipo de fuente:

Cada tipo de combustible fósil de la figura 23 se tiene un factor de emisión específico (en kg CO<sub>2</sub>/kWh), fuentes renovables (Solar, Eólica e Hidroeléctrica) tiene emisiones cercanas a 0 kgCO<sub>2</sub> /kWh durante su operación.

Tabla 3: Factores típicos de emisión específicos por fuente de energía

Fuente	Factor de emisión (kg CO <sub>2</sub> /kWh)
GNL (Gas Natural)	0.4
Hidroeléctrica	0.0
Geotérmica	0.05
Bunker (Fuel Oil)	0.8
Biomasa	0.1
Solar Fotovoltaica	0.05
Eólica	0.02
Diésel	0.9

### Fórmula para el cálculo:

$$\text{Factor de emision promedio} = \frac{\sum(\text{Energía generada por fuente} \times \text{Factor de emisio'n de la fuente})}{\text{Energía total generada}}$$

La energía total generada se calcula como la suma de todas las fuentes:

$$\text{Energía total} = 2480.60 + 1483.35 + 1478.36 + 694.87 + 532.25 + 539.07 + 167.46 + 0.65$$

$$\text{Energía total} = 7376.61 \text{GWh}$$

- Cálculo del promedio ponderado sustituyendo los valores:

$$\text{Factor de emision promedio} = \frac{(2480.60 \times 0.4) + (1483.35 \times 0.0) + (1478.36 \times 0.05) + (694.87 \times 0.8) + (532.25 \times 0.1) + (539.07 \times 0.05) + (167.46 \times 0.02) + (0.65 \times 0.9)}{7376.61}$$

$$\text{Factor de emision promedio} = 0.2313 \text{ kgCO}_2/\text{kWh}$$

La energía total generada en El Salvador es **7376.61 GWh**, y el factor de emisión promedio de CO<sub>2</sub> calculado es aproximadamente de **0.2313 kg CO<sub>2</sub>/kWh**

Otra fuente para verificar el factor de emisión se hizo por medio del software de RETScreen Expert, pero este valor solo se utilizó a la hora de hacer el estudio de Benchmark y el análisis de factibilidad para el edificio administrativo de la Empresa Distribuidora proporcionando el siguiente valor:

#### RETScreen - Análisis de Emisiones

Análisis de emisiones				
Sistema eléctrico del caso base (Línea de base)		Factor emisión de GEI (excl. T y D)	Pérdidas T y D	Factor emisión de GEI
País - Región	Tipo de combustible	kgCO <sub>2</sub> /kWh	%	kgCO <sub>2</sub> /kWh
El Salvador	Todos los tipos	0.243	7.0%	0.262

Figura 24: Factor de emisión de CO<sub>2</sub>. Fuente: RETScreen Expert.

Haciendo una comparación con estos dos valores de factor de emisión, el que más acorde esta para nuestro país y nuestro estudio es el de **0.2313 kgCO<sub>2</sub>/kWh**.

### 3.6.2 COSTOS ECONÓMICOS E IMPACTO AMBIENTAL POR CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LUMINARIAS Y EQUIPO ELÉCTRICO.

La tabla siguiente presenta tanto los costos económicos como el impacto ambiental asociado al consumo de energía eléctrica en el edificio.

Tabla 4: Costos económicos e impacto ambiental por consumo de energía eléctrica en luminarias y equipo eléctrico. Fuente: Elaboración Propia en Excel.

MES	Consumo (KWh)	Costo \$	Impacto ambiental (kg co2)
jun-24	6,688.00	\$ 936.32	1,546.93
may-24	7,800.00	\$ 1,092.00	1,804.14
abr-24	8,152.00	\$ 1,141.28	1,885.56
mar-24	7,848.00	\$ 1,098.72	1,815.24
feb-24	7,960.00	\$ 1,114.40	1,841.15
ene-24	7,552.00	\$ 1,093.54	1,746.78
dic-23	6,416.00	\$ 929.04	1,484.02
nov-23	7,664.00	\$ 1,109.75	1,772.68
oct-23	6,896.00	\$ 1,002.05	1,595.04
sep-23	7,744.00	\$ 1,180.36	1,791.19
ago-23	8,256.00	\$ 1,258.40	1,909.61
jul-23	8,056.00	\$ 1,227.91	1,863.35
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>91,032.00</b>	<b>\$ 13,183.77</b>	<b>21,055.70</b>

El gráfico siguiente refleja que las emisiones de CO2 son bastante consistentes a lo largo del año, con pequeñas variaciones mes a mes. Esto sugiere que el uso de luminarias, equipos de oficina y electrodomésticos es estable, aunque podría haber factores externos como la temporada o eventos específicos que influyan en el aumento o reducción de las emisiones.



Figura 25: Emisiones de CO2 de luminaria y equipo eléctrico de oficina. Fuente: Elaboración Propia en Excel.

A pesar de la estabilidad general, se observan pequeñas fluctuaciones mensuales, lo que podría ser consecuencia de variaciones en el uso de los sistemas o equipos. Por ejemplo, durante los meses de invierno o verano, es posible que haya más uso de ciertos dispositivos, lo que explicaría las diferencias en las emisiones de CO<sub>2</sub>.

### 3.6.3 COSTOS ECONÓMICOS E IMPACTO AMBIENTAL POR CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS DE CLIMATIZACION (A/A)

*Tabla 5: Costos económicos e impacto ambiental por consumo de energía eléctrica en sistema de climatización (A/A). Fuente: Elaboración Propia en Excel.*

MES	Consumo (KWh)	Costo (\$)	Impacto ambiental (kg co2)
jun-24	7,502.88	\$ 1,099.07	1,735.42
may-24	9,135.00	\$ 1,338.16	2,112.93
abr-24	8,664.04	\$ 1,269.17	2,003.99
mar-24	8,184.96	\$ 1,198.99	1,893.18
feb-24	8,055.04	\$ 1,179.96	1,863.13
ene-24	6,885.76	\$ 1,008.67	1,592.68
dic-23	6,439.16	\$ 943.25	1,489.38
nov-23	8,785.84	\$ 1,287.01	2,032.16
oct-23	7,454.16	\$ 1,091.94	1,724.15
sep-23	7,915.38	\$ 1,159.50	1,830.83
ago-23	8,746.86	\$ 1,281.30	2,023.15
jul-23	8,347.36	\$ 1,222.78	1,930.74
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>96,116.44</b>	<b>\$ 14,079.81</b>	<b>22,231.73</b>

Las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por los aires acondicionados siguen un patrón de fluctuación moderada durante el año, con un pico notable en noviembre y una reducción en diciembre, posiblemente debido a vacaciones de temporada. La tendencia parece reflejar un mayor uso de aires acondicionados en meses cálidos y una disminución durante los meses más frescos. Como se puede observar en el siguiente gráfico.

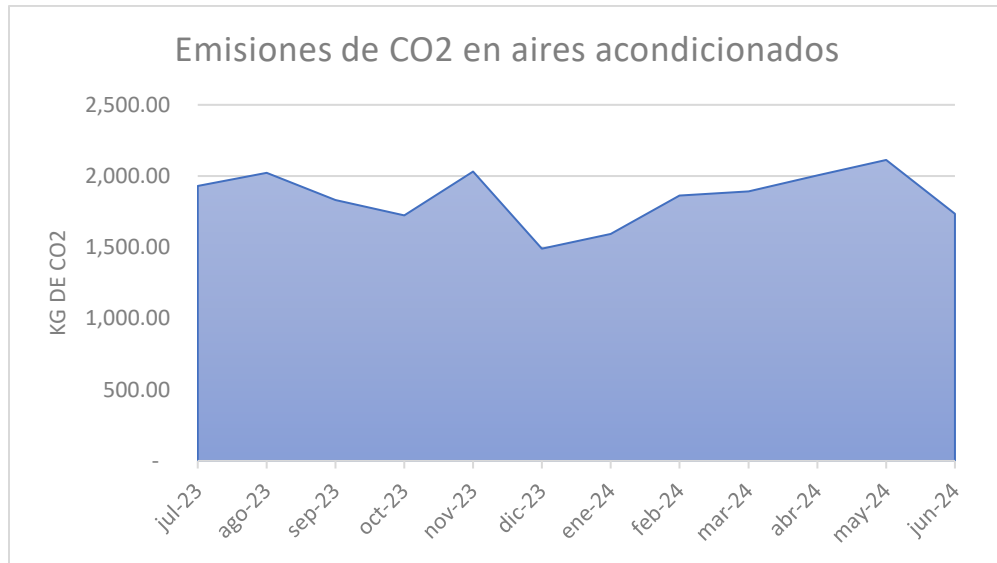


Figura 26: Emisiones de CO2 en Aires Acondicionados. Fuente: Elaboración Propia en Excel.

### 3.6.4 COSTOS ECONÓMICOS E IMPACTO AMBIENTAL POR CONSUMO DE ENERGÍA TOTAL

Tabla 6: Costos económicos e impacto ambiental por consumo de energía eléctrica total. Fuente: Elaboración Propia en Excel.

MES	Costo TOTAL	COSUMO TOTAL (kWh)	IMPACTO AMBIENTAL (kg de CO2)
<b>jun-24</b>	\$ 2,035.39	14,190.88	3,282.35
<b>may-24</b>	\$ 2,430.16	16,935.00	3,917.07
<b>abr-24</b>	\$ 2,410.45	16,816.04	3,889.55
<b>mar-24</b>	\$ 2,297.71	16,032.96	3,708.42
<b>feb-24</b>	\$ 2,294.36	16,015.04	3,704.28
<b>ene-24</b>	\$ 2,102.21	14,437.76	3,339.45
<b>dic-23</b>	\$ 1,872.29	12,855.16	2,973.40
<b>nov-23</b>	\$ 2,396.76	16,449.84	3,804.85
<b>oct-23</b>	\$ 2,093.99	14,350.16	3,319.19
<b>sep-23</b>	\$ 2,339.86	15,659.38	3,622.01
<b>ago-23</b>	\$ 2,539.70	17,002.86	3,932.76
<b>jul-23</b>	\$ 2,450.69	16,403.36	3,794.10
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 27,263.58</b>	<b>187,148.44</b>	<b>43,287.43</b>

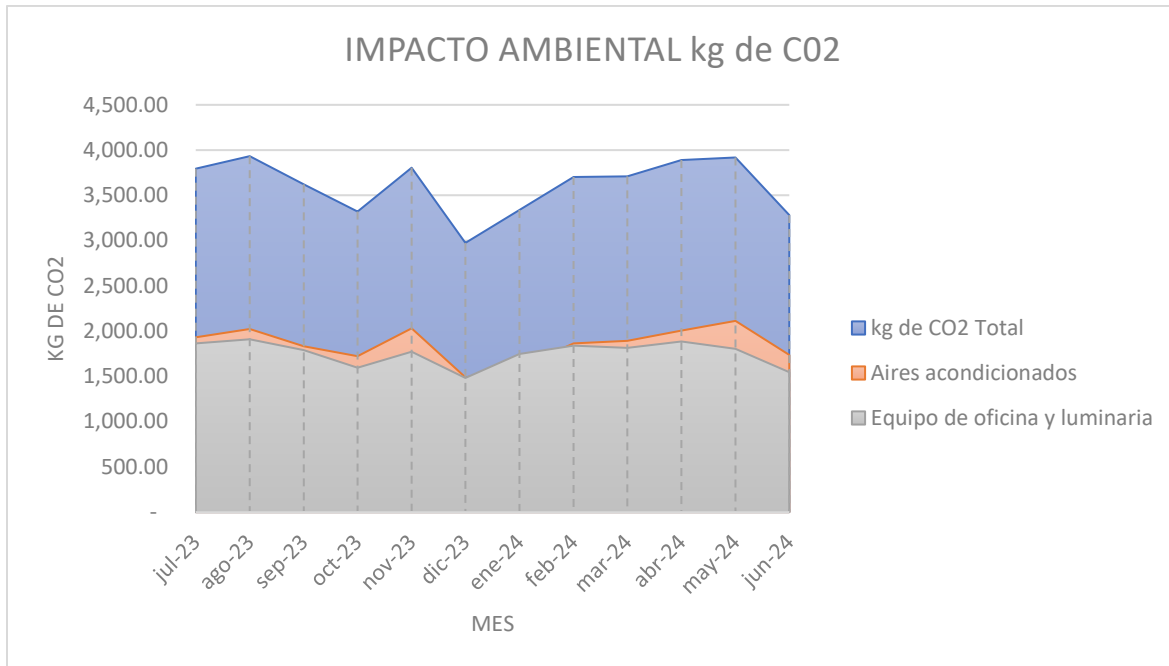


Figura 27: Impacto ambiental total del Edificio Administrativo. Fuente: Elaboración Propia en Excel.

**Tendencia del CO2 total:** Las emisiones totales oscilan alrededor de los 2,500 kg de CO2, con fluctuaciones mensuales. Por ejemplo, se observa un pico en **agosto de 2023** y luego una caída gradual, en **noviembre de 2023** hay otro pico y vuelve caer hasta **enero de 2024** donde incrementa gradualmente y se mantiene constante.

**Aportes de equipos de oficina, luminaria y electrodomésticos:** Las emisiones de CO2 parecen ser constantes a lo largo del tiempo, contribuyendo con una menor fracción al total.

**Aportes de los aires acondicionados:** Esta categoría forma la mayor parte de las emisiones, lo que indica que es el mayor contribuyente al impacto ambiental en este contexto.

En resumen, la figura 27 destaca cómo las diferentes fuentes de emisiones de CO2 fluctúan a lo largo del año, con un peso considerable de los equipos de climatización con picos que podrían estar relacionados con la estacionalidad y vacaciones de fin de año.

# CAPITULO 4: ANÁLISIS DE BENCHMARK CON RETSCREEN EXPERT

## 4.1 BENCHMARK Y ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA EL EDIFICIO ADMINISTRATIVO

Este capítulo tiene como objetivo realizar un **benchmark** y un **análisis de factibilidad** enfocados en el consumo energético de un edificio administrativo, considerando los diferentes factores que influyen en su operación y eficiencia. Este análisis es fundamental para determinar las oportunidades de mejora en el consumo de energía, la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y la optimización de recursos [5].

### 4.1.1 RECOPILOCIÓN DE DATOS PARA BENCHMARK EN RETSCREEM EXPERT

El edificio en cuestión cuenta con una superficie total de **516.14 m<sup>2</sup>** y una ocupación de **70 personas**. El consumo anual de energía eléctrica está distribuido en dos principales categorías:

- **Equipos de oficina, luminarias y electrodomésticos**, con un consumo total de **91,032 kWh/año**.
- **Sistemas de aire acondicionado**, que representan un consumo de **96,116 kWh/año**.

Para evaluar el impacto ambiental del edificio, se considera un **factor de emisión de CO<sub>2</sub> de 0.2313 kgCO<sub>2</sub>/kWh**, lo que permite calcular las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al consumo eléctrico.

Tabla 7: Resumen de datos a utilizar en RETScreen Expert. Fuente: Elaboración Propia

Datos	Valor	Unidades
Área	516.14	m <sup>2</sup>
Cant. De personas	70	Per.
Consumo luminarias, EE y A/A	187,148	kWh/año
Factor de emisión CO <sub>2</sub>	0.2313	kgCO <sub>2</sub> /kWh
Toneladas de CO <sub>2</sub>	43.29	tCO <sub>2</sub>
Costos por área	52.84	\$/m <sup>2</sup>
Tonelada de CO <sub>2</sub> por área	0.0839	tCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>

El análisis incluye la comparación con benchmarks de consumo energético de edificaciones similares y un estudio de factibilidad para implementar medidas de eficiencia energética que permitan reducir tanto el consumo como las emisiones. Además, se evaluarán posibles fuentes de energía renovable o sistemas de climatización más eficientes que puedan contribuir a mejorar el desempeño energético del edificio.

#### 4.1.2 RESUMEN EJECUTIVO

Este estudio ha sido desarrollado utilizando el software **RETScreen Expert**, especializado en la gestión de energías limpias. Los principales resultados y recomendaciones se resumen a continuación:

Resumen ejecutivo			
Este informe se preparó con el Software de gestión de energías limpias de RETScreen. A continuación se presentan los resultados y recomendaciones clave de este análisis.			
Objetivo			
	Consumo de combustible kWh	Costo del combustible \$	Emisiones GEI tCO <sub>2</sub>
Caso base	197,090	27,593	27.4
Caso propuesto	123,204	17,249	17.1
Ahorros	73,885	10,344	10.3
%	37.5%	37.5%	37.5%

Figura 28: Resumen ejecutivo. Fuente: Elaboración propia desarrollado en RETScreen Expert.

#### 4.1.3 UBICACIÓN Y DATOS CLIMÁTICOS

El proyecto está ubicado en **Ayutuxtepeque**, cerca de localidades como **Cuscatancingo** y **Mejicanos**, lo que puede influir en el rendimiento de los sistemas energéticos debido a las características climáticas locales.



Figura 29: Ubicación geográfica. Fuente: Elaboración propia, desarrollado en RETScreen Expert.

	Unidad	Ubicación de datos meteorológicos	Ubicación de la instalación
Nombre		El Salvador - San Salvador	El Salvador - San Salvador - Ayutuxtepeque
Latitud	°N	13.7	13.7
Longitud	°E	-89.2	-89.2
Zona climática		1A - Muy caliente - Húmedo	1A - Muy caliente - Húmedo
Elevación	m	698	723

Figura 30: Ubicación exacta y Datos Climatológicos. Fuente: Elaboración propia, desarrollado en RETScreen Expert.

La tabla 8 y la figura 31 muestran que tanto la radiación solar diaria como la temperatura del suelo tienen fluctuaciones relativamente suaves a lo largo del año, con un ligero incremento en los meses más cálidos. Estos datos podrían ser útiles para evaluar el potencial de proyectos energéticos basados en energía solar en El Salvador.

Tabla 8: Resumen de datos climatológicos en Retscreen Expert. Fuente: Elaboración Propia

Mes	Temperatura del aire	Humedad relativa	Precipitación	Radiación solar diaria - horizontal	Presión atmosférica	Velocidad del Viento	Temperatura del suelo	Grados-días de calefacción 18 °C	Grados-días de refrigeración 10 °C
	°C	%	mm	kWh/m <sup>2</sup> /d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
Enero	23.3	65.0%	6.51	4.88	94.8	4.6	26.3	0	412
Febrero	23.9	64.0%	5.04	5.30	94.8	4.1	27.8	0	389
Marzo	25.0	68.0%	4.96	5.52	94.7	4.1	29.2	0	465
Abril	25.6	70.0%	21.90	5.46	94.7	4.1	30.2	0	468
Mayo	25.0	80.5%	107.57	4.73	94.6	3.6	28.8	0	465
Junio	24.4	82.5%	157.80	4.80	94.7	2.1	27.1	0	432
Julio	24.4	79.0%	137.33	5.58	94.8	2.6	27.0	0	446
Agosto	24.4	81.5%	158.41	5.36	94.8	2.6	26.8	0	446
Setiembre	23.9	85.0%	168.90	4.70	94.7	2.1	26.0	0	417
Octubre	23.9	81.0%	120.59	4.73	94.7	3.1	25.7	0	431
Noviembre	23.9	73.5%	31.50	4.81	94.7	3.6	25.6	0	417
Diciembre	23.3	69.0%	12.09	4.79	94.8	4.1	25.7	0	412
<b>Anual</b>	<b>24.3</b>	<b>75.0%</b>	<b>932.60</b>	<b>5.05</b>	<b>94.7</b>	<b>3.4</b>	<b>27.2</b>	<b>0</b>	<b>5,202</b>
<b>Fuente</b>	Suelo	Suelo	NASA	Suelo	Suelo	Suelo	NASA	Suelo	Suelo

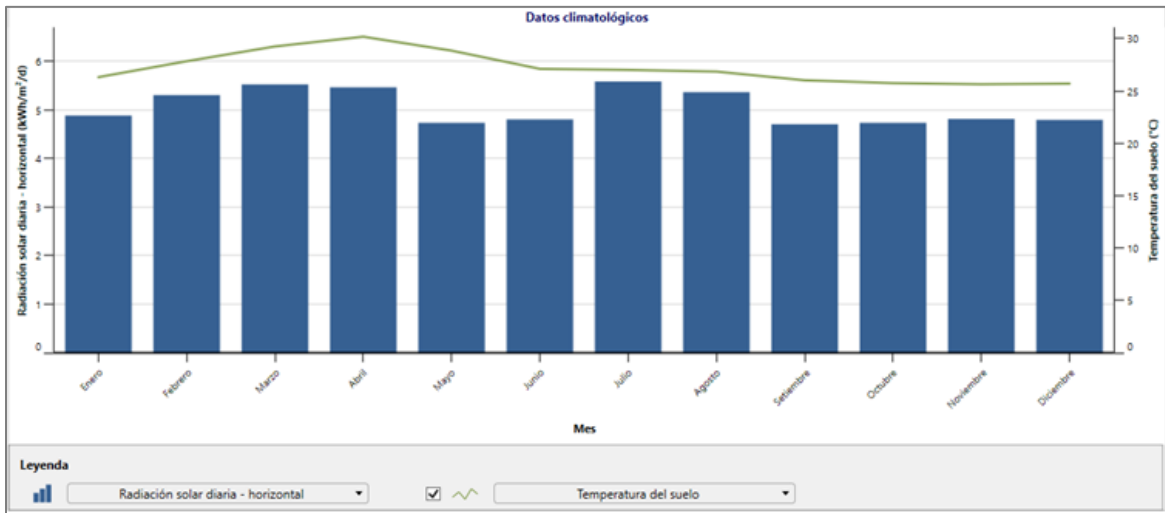


Figura 31: Gráfica de datos climatológicos. Fuente: Elaboración propia, desarrollado en RETScreen Expert.

#### 4.1.4 CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Una instalación mediante un análisis de **benchmarking** utilizando la herramienta RETScreen Expert. Este análisis se enfoca en tres aspectos clave: el consumo de combustible, las emisiones de CO<sub>2</sub> y los costos energéticos. A través de la comparación entre un caso base y un escenario propuesto con una reducción del 15% en el uso de energía, se identifican oportunidades significativas de ahorro y eficiencia.

La metodología aplicada permite determinar cómo las medidas de eficiencia energética impactan positivamente no solo en la disminución del consumo de energía, sino también en la reducción de emisiones contaminantes y de los costos asociados.

Esto es especialmente relevante en el contexto actual, donde la sostenibilidad y el ahorro energético se han vuelto prioridades para muchas organizaciones.

El análisis presentado en este informe se sustenta en los resultados generados por RETScreen Expert, proporcionando una visión clara de los beneficios ambientales y económicos que podrían alcanzarse al implementar las estrategias propuestas.

#### Gráfica de Consumo de Combustible

La gráfica 32 muestra un análisis del consumo de combustible en relación con la intensidad de uso de energía (kWh/m<sup>2</sup>) bajo diferentes escenarios:

- **Punto de referencia:** 400 kWh/m<sup>2</sup>
- **Caso base:** 363 kWh/m<sup>2</sup>
- **Objetivo:** Reducción del 15%, con una meta de 308 kWh/m<sup>2</sup>
- **Cero netos:** Representa el escenario ideal de emisiones neutrales
- **Energía positiva:** Escenario donde se produce más energía de la que se consume

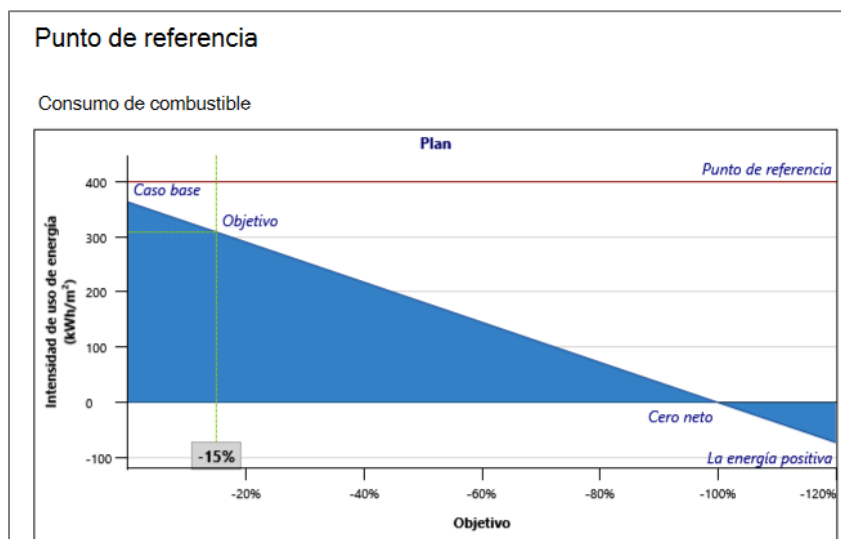


Figura 32: Consumo de combustibles (kWh/m<sup>2</sup>). Fuente: Elaboración propia, desarrollada en RETScreen Expert.

**Análisis:** Se observa que, al reducir un 15% del consumo energético, el consumo pasa de 363 kWh/m<sup>2</sup> a 308 kWh/m<sup>2</sup>, lo que representa una reducción significativa en términos de intensidad energética y un paso hacia un consumo más eficiente.

### Datos del Consumo de Combustible

- **Tamaño de la instalación:** 516 m<sup>2</sup>
- **Caso base:** 187,148 kWh anuales
- **Caso propuesto:** 159,076 kWh anuales
- **Ahorro total de combustible:** 28,072 kWh

El ahorro energético propuesto refleja una disminución considerable en el consumo anual, lo cual impactará de manera directa en la reducción de costos y emisiones.

Tamaño de la instalación	516	m <sup>2</sup>
Punto de referencia	400	kWh/m <sup>2</sup>
Mínimo - promedio	185	kWh/m <sup>2</sup>
Máximo - promedio	513	kWh/m <sup>2</sup>
Caso base	363	kWh/m <sup>2</sup>
Año de referencia		
Establecer objetivo	Objetivo	
Año		
Objetivo	-15%	
Caso propuesto	308	kWh/m <sup>2</sup>
<b>Instalación - Plan</b>		
<b>Consumo de combustible</b>	<b>Anual</b>	
<b>Caso base</b>	187,148	kWh
<b>Caso propuesto</b>	159,076	kWh
<b>Combustible ahorrado</b>	28,072	kWh

Figura 33: Detalle de combustible ahorrado. Fuente: Elaboración propia, desarrollada en RETScreen Expert.

#### 4.1.5 EMISIONES DE CO<sub>2</sub>

### Gráfica de Emisiones

La figura 34 contiene un análisis de la intensidad de emisiones de CO<sub>2</sub> por metro cuadrado (tCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>).

- **Punto de referencia:** 0.09 tCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>
- **Caso base:** 0.0839 tCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>
- **Objetivo:** Reducción del 15%, lo que da como resultado un objetivo de 0.07 tCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.

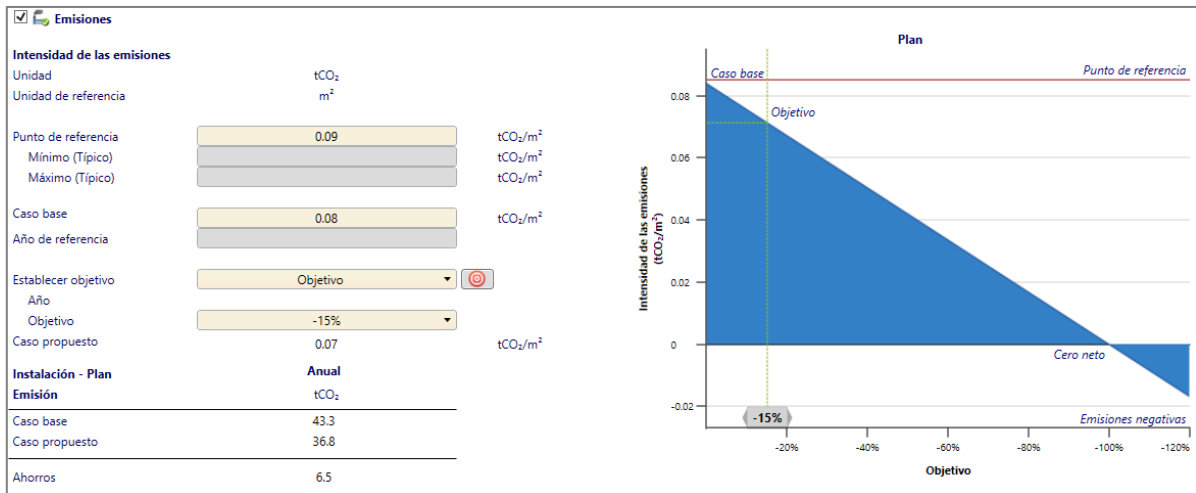


Figura 34: Gráfica de reducción de emisiones (tCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>). Fuente: Elaboración propia, desarrollada en RETScreen Expert.

### Resultados anuales:

- **Emisiones en el caso base:** 43.3 tCO<sub>2</sub>
- **Caso propuesto:** 36.8 tCO<sub>2</sub>
- **Ahorro total de emisiones:** 6.5 tCO<sub>2</sub>

Este análisis refleja un esfuerzo por reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, con una disminución proyectada de más de 6.5 toneladas de CO<sub>2</sub> al año, contribuyendo a una huella de carbono más baja.

#### 4.1.6 COSTOS ENERGÉTICOS

##### Gráfica de Costos

En el último apartado se presenta la proyección de los costos energéticos en dólares por metro cuadrado (\$/m<sup>2</sup>).

- **Punto de referencia:** \$55/m<sup>2</sup>
- **Caso base:** \$52.83/m<sup>2</sup>
- **Objetivo:** Reducción del 15%, con un objetivo de \$44.91/m<sup>2</sup>

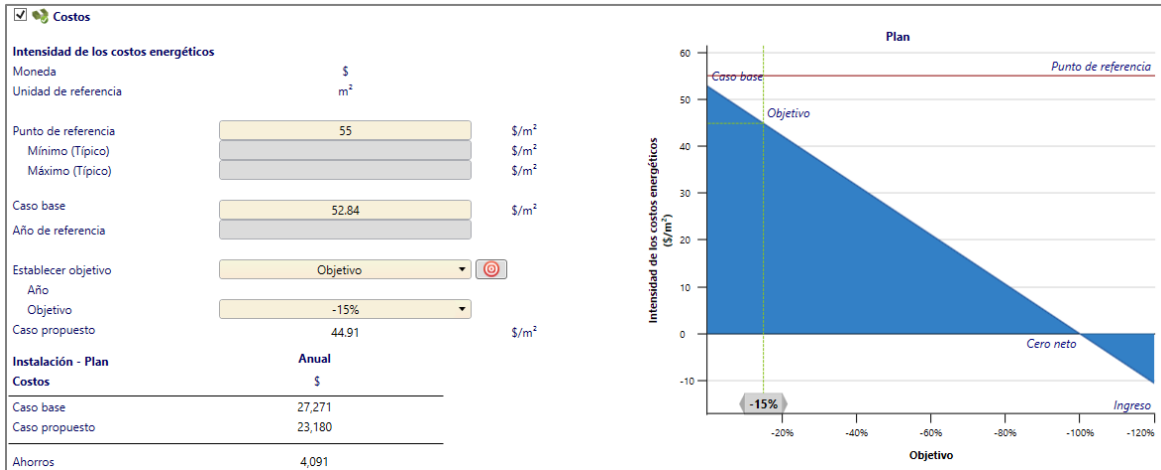


Figura 35: Gráfica de reducción de costos (\$/m<sup>2</sup>). Fuente: Elaboración propia, desarrollada en RETScreen Expert.

### Resultados anuales:

- **Costo base:** \$27,860
- **Caso propuesto:** \$23,771
- **Ahorro total en costos:** \$4,089

El ahorro de costos es otro resultado positivo del análisis, con una reducción de más de \$4,000 en el consumo energético anual, lo cual se traduce en un impacto económico favorable.

Este análisis demuestra los beneficios de la optimización energética tanto en términos de ahorro de combustible, reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y costos energéticos. Al establecer un objetivo de reducción del 15% respecto al caso base, se proyectan importantes mejoras ambientales y financieras. La herramienta RETScreen Expert ha permitido visualizar claramente los escenarios futuros y los posibles impactos de implementar estas estrategias de eficiencia energética.

Para maximizar los beneficios, se sugiere continuar monitoreando el desempeño energético y ajustar los objetivos según los avances en la implementación de medidas de eficiencia y tecnologías de energía renovable.

#### 4.1.7 AHORROS DE ENERGÍA

**Gráfica de Barras:** Compara el consumo de tres tipos de energía (calentamiento, enfriamiento, electricidad) entre el **caso base**, el **caso propuesto**, y la opción de **combustible alternado**.

En la figura 36 se puede observar una reducción significativa en el consumo de electricidad y enfriamiento en el caso propuesto respecto al caso base. La opción de combustible alternado presenta el menor consumo global, lo que implica una alternativa viable para reducir aún más los costos y el consumo energético.

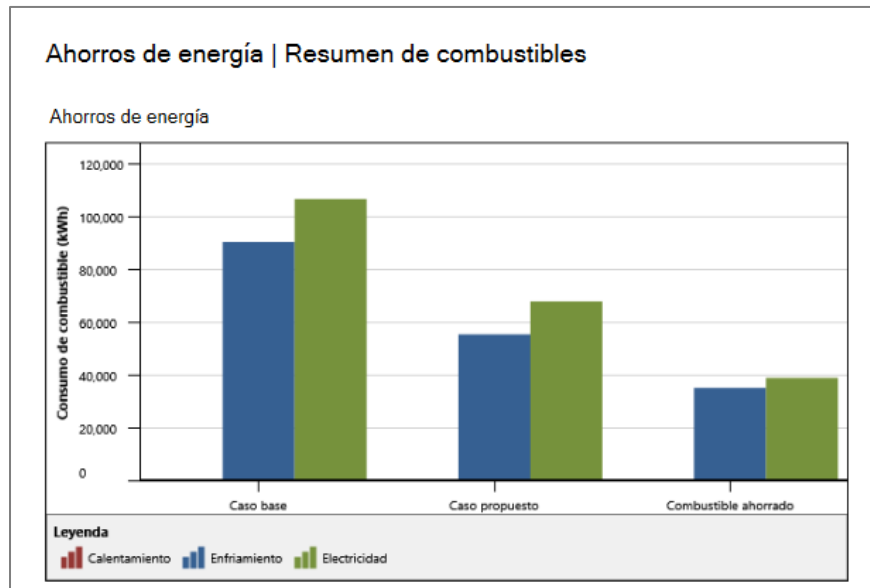


Figura 36: Ahorros de energía (kWh). Fuente: Elaboración propia, desarrollada en RETScreen Expert.

Consumo de combustible	Calentamiento kWh	Enfriamiento kWh	Electricidad kWh	Total kWh
<b>Caso base</b>	0	90,398	106,692	197,090
<b>Caso propuesto</b>	0	55,349	67,855	123,204
<b>Combustible ahorrado</b>	0	35,049	38,837	73,885
<b>Combustible ahorrado - porcentaje</b>	0%	38.8%	36.4%	37.5%

Figura 37: Resumen de combustible ahorrado (%). Fuente: Elaboración propia, desarrollada en RETScreen Expert.

El **caso propuesto** reduce significativamente el consumo total de energía en comparación con el **caso base**. El uso de cambio de tecnología también aporta ahorros adicionales e implementando indicadores de desempeño energético según RETScreen Expert, con una disminución general de consumo en un 37.5%.

#### 4.1.8 USO FINAL

##### Uso Final | Consumo de Combustible

**Gráfica Circular:** Desglosa el consumo energético por sectores en el **caso base**:

**Equipo eléctrico** representa el **46%** del consumo total.

**Demanda de enfriamiento** de ambientes representa el **45.9%**.

**Luminarias** representan el **8.2%**.

El consumo está altamente concentrado en el equipo eléctrico y la demanda de enfriamiento, por lo que cualquier mejora en estos sectores podría generar mayores ahorros.

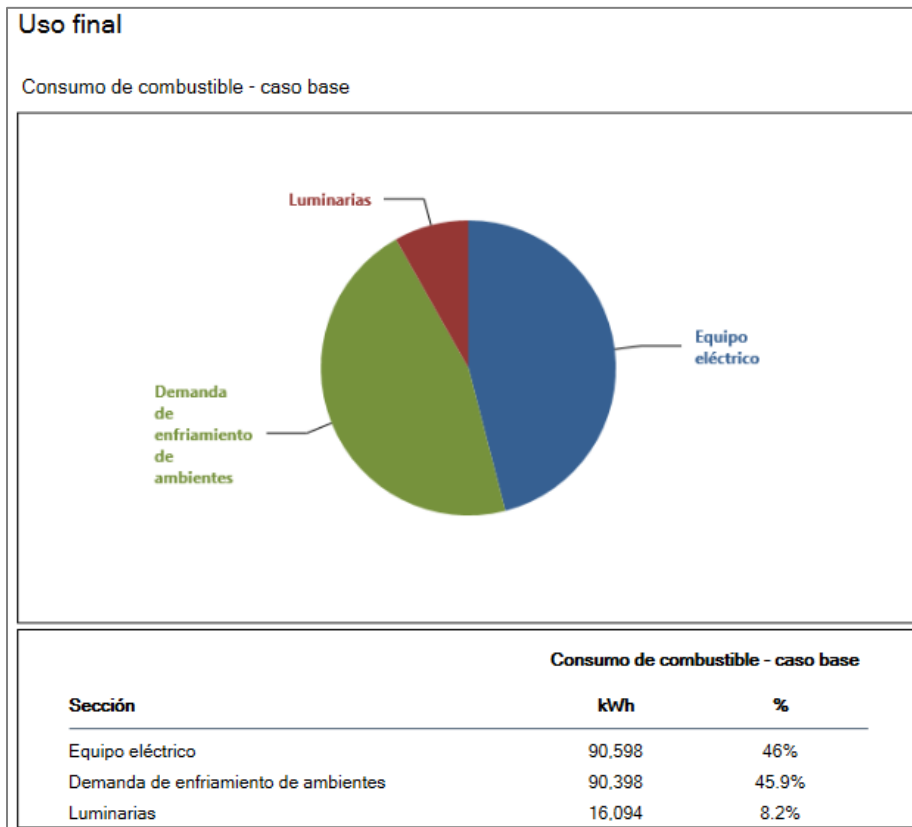


Figura 38: Uso final. Fuente: Elaboración propia, desarrollado en RETScreen Expert.

Refuerza el desglose anterior con valores en kWh, mostrando un consumo total de 90,598 kWh para equipo eléctrico y 90,398 kWh para la demanda de enfriamiento.

#### 4.1.9 OBJETIVO RESUMEN DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE, COSTO Y EMISIONES

Objetivo			
Resumen			
	Consumo de combustible kWh	Costo del combustible \$	Emisiones GEI tCO <sub>2</sub>
Caso base	197,090	27,593	51.6
Caso propuesto	123,204	17,249	32.2
Ahorros	73,885	10,344	19.4
%	37.5%	37.5%	37.5%

Figura 39: Objetivo para análisis propuesto. Fuente: Elaboración propia, desarrollado en RETScreen Expert.

Compara el **caso base** con el **caso propuesto**.

- **Caso base:** 197,090 kWh, \$27,593 de costo energético y 51.6 tCO<sub>2</sub> de emisiones.
- **Caso propuesto:** 123,204 kWh, \$17,249 de costo energético y 32.2 tCO<sub>2</sub> de emisiones.
- **Ahorros:**
  - Reducción del **37.5%** en consumo energético.
  - Reducción del **37.5%** en costos.
  - Reducción del **37.5%** en emisiones de GEI (gases de efecto invernadero).

## CAPITULO 5: INDICADORES DE DESEMPEÑO ENÉRGÉTICOS (ENPIS)

### 5.1 INDICADORES DE DESEMPEÑO (ENPIS)

Los Indicadores de Desempeño Energético (EnPIs) son definidos por la Norma ISO 50001 como herramientas para medir y monitorear el desempeño energético de una organización. Estos indicadores se basan en relaciones cuantitativas entre el consumo de energía y variables relevantes, esto incluye la evaluación del consumo, uso y eficiencia de la energía, en relación con la legislación aplicable a la Línea Base Energética (LBE). Cuantificar estos elementos específicos requiere un manejo adecuado de los datos energéticos y de sus métodos de medición, además de considerar los desafíos que enfrenta la organización al evaluar su desempeño energético.

La elección de los EnPIs debe considerar su propósito, los involucrados en la organización y la calidad de los datos requeridos. Los EnPIs son fundamentales para normalizar costos energéticos, identificar mejoras y detectar buenas prácticas, pudiendo establecerse a niveles organizacionales, de planta o específicos de sistemas.

Para nuestro estudio se ha decidido usar EnPIs que relacionan el consumo, costo y el impacto ambiental por área y por personal del edificio administrativo, teniendo como base los datos de la tabla siguiente como base.

*Tabla 9: Resumen de datos a utilizar para los EnPIs. Fuente: Elaboración Propia en Excel.*

DATOS	VALOR
Área (m2)	516.14
Personal (Per)	70
Cargo de energía (\$)	0.14649
factor de emisión (kg de CO2/kWh)	0.2313

Con los datos de la tabla 9 se pueden cuantificar los datos de todo un año para nuestros EnPIs y ver sus tendencias, en base a estos datos se puede llegar a tener una mejor perspectiva y así poder ver y analizar puntos clave en torno al edificio administrativo, estableciendo los EnPIs siguientes:

- ✓ Energía eléctrica por superficie
- ✓ Energía eléctrica por persona o empleado
- ✓ Facturación de Energía por superficie
- ✓ Facturación de Energía por persona o empleado
- ✓ Emisiones de CO2 por consumo de energía eléctrica por superficie
- ✓ Emisiones de CO2 por consumo de energía eléctrica por persona o empleado

Los dos primeros indicadores se enfocan en reportar la correlación del consumo de energía del edificio con los metros cuadrados y la cantidad de personas o empleado, los siguientes dos indicadores relaciona el costo energético usado por el área y la cantidad de personas o empleado y los últimos dos indicadores miden el impacto ambiental con respecto al uso de la energía por área y por persona o empleado.

Con los EnPIs ya establecidos para nuestro estudio, se detalla una tabla los datos a analizar más detalladamente nuestros indicadores.

Tabla 10: Resumen de datos totales para los EnPIs. Fuente: Elaboración propia en Excel

Consumo Total (KWh)	MES	Total de kWh/m2	Total KWh/persona	Costos Totales	Total Costo/m2	Total Costo/persona	Total Impacto ambiental kg de CO2	Total kg de CO2/m2	Total kg de CO2/persona
14,190.88	jun-24	27.49	202.73	\$1,986.72	\$ 3.85	\$ 28.38	3,282.35	6.36	46.89
16,935.00	may-24	32.81	241.93	\$2,370.90	\$ 4.59	\$ 33.87	3,917.07	7.59	55.96
16,816.04	abr-24	32.58	240.23	\$2,354.25	\$ 4.56	\$ 33.63	3,889.55	7.54	55.57
16,032.96	mar-24	31.06	229.04	\$2,244.61	\$ 4.35	\$ 32.07	3,708.42	7.18	52.98
16,015.04	feb-24	31.03	228.79	\$2,242.11	\$ 4.34	\$ 32.03	3,704.28	7.18	52.92
14,437.76	ene-24	27.97	206.25	\$2,021.29	\$ 3.92	\$ 28.88	3,339.45	6.47	47.71
12,855.16	dic-23	24.91	183.65	\$1,799.72	\$ 3.49	\$ 25.71	2,973.40	5.76	42.48
16,449.84	nov-23	31.87	235.00	\$2,302.98	\$ 4.46	\$ 32.90	3,804.85	7.37	54.35
14,350.16	oct-23	27.80	205.00	\$2,009.02	\$ 3.89	\$ 28.70	3,319.19	6.43	47.42
15,659.38	sep-23	30.34	223.71	\$2,192.31	\$ 4.25	\$ 31.32	3,622.01	7.02	51.74
17,002.86	ago-23	32.94	242.90	\$2,380.40	\$ 4.61	\$ 34.01	3,932.76	7.62	56.18
16,403.36	jul-23	31.78	234.33	\$2,296.47	\$ 4.45	\$ 32.81	3,794.10	7.35	54.20

A continuación, con los datos obtenidos de la tabla 10 procedemos a graficar los EnPIs para tener un mejor detalle y poder analizar de la mejor manera posible los datos.

La **energía eléctrica por superficie** nos permite identificar áreas donde se encuentren altos consumos y con es hacer una evaluación si la distribución de equipos y espacios es eficiente, además de ayudar a implementar mejoras en la infraestructura para reducir el consumo energético y así contribuir con iniciativas de sostenibilidad al reducir la huella de carbono por metro cuadrado.

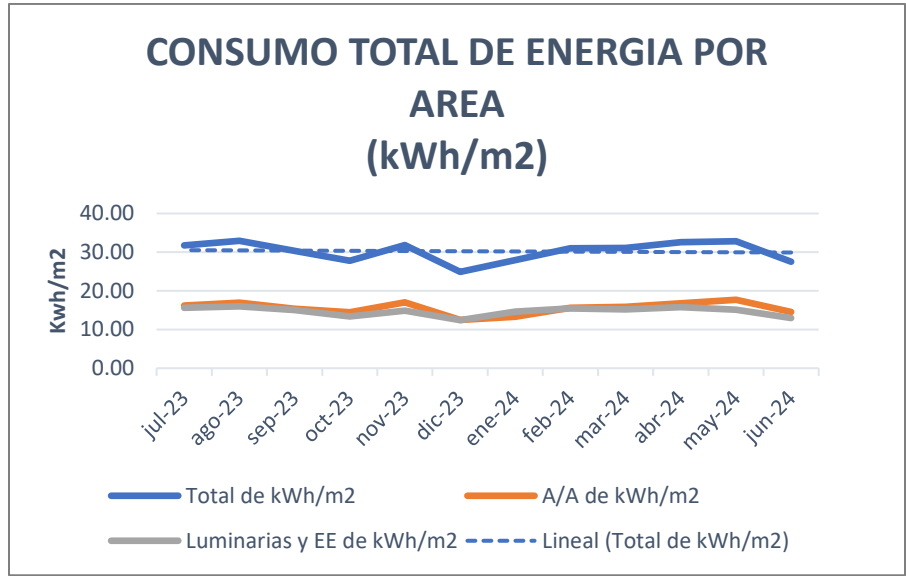


Figura 40: Grafica del EnPI energía eléctrica por superficie. Fuente: Elaboración propia en Excel.

La **energía eléctrica por persona** nos ayuda a fomentar la cultura entre los empleados y la eficiencia energética, promoviendo practicas sostenibles, también permite la comparación con otras áreas o planteles de la empresa para identificar áreas de mejora, con el fin de reducir el consumo energético por empleado estableciendo metas, lo que puede traducirse en menores costos operativos.

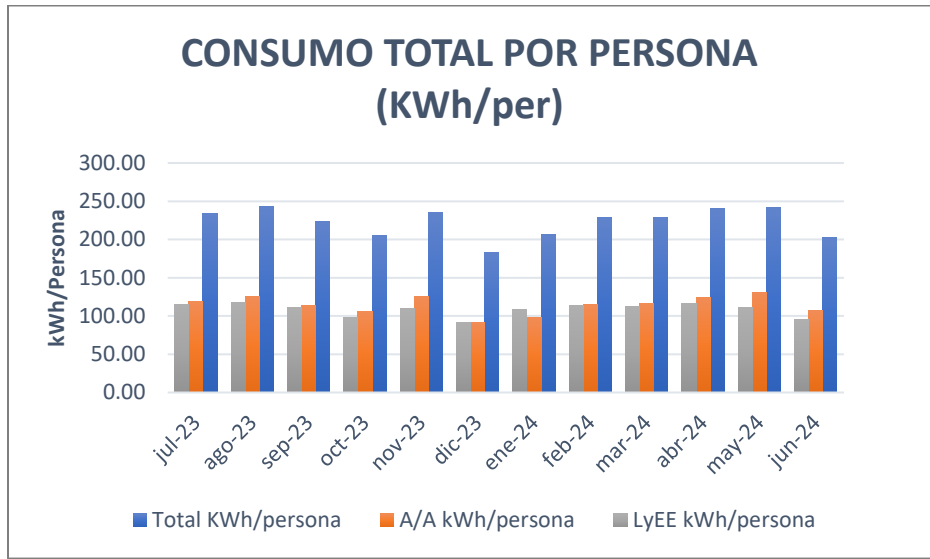


Figura 41: Grafica del EnPI energía eléctrica por persona. Fuente: Elaboración propia en Excel.

La **facturación de energía por superficie** nos permite localizar costos ineficientes en áreas donde el consumo es desproporcionado en relación al espacio, además nos facilita la comparación de costos energéticos entre áreas o planteles de la empresa, con el fin de tomar decisiones sobre inversiones y mejoras, ya que se tienen datos precisos sobre costo energético por área.

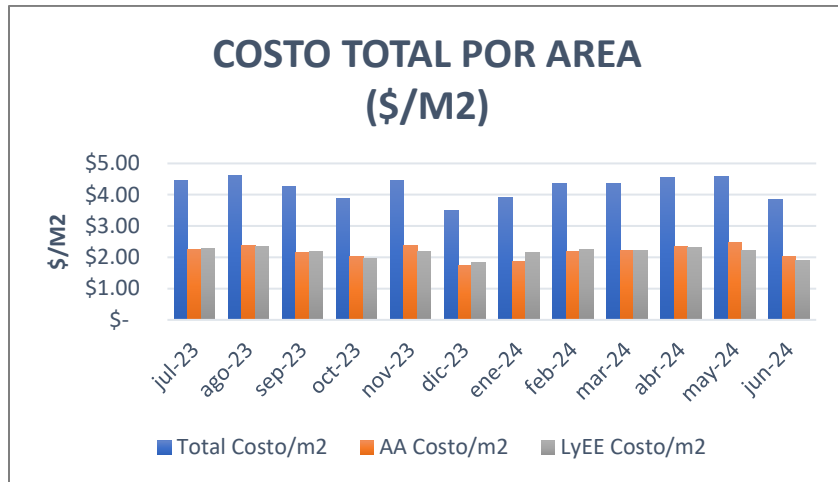


Figura 42: Grafica del EnPI facturación de energía por superficie. Fuente: Elaboración propia en Excel.

La **Facturación de energía por persona** nos permite evaluar como el número de personas afecta al consumo energético y así ajustar las políticas laborales y de eficiencia, facilitando la implementación de programas de concientización y ahorro energético entre los empleados, incentivando el uso responsable de la energía. Además, proporciona un marco para establecer metas de reducción de costos energéticos por empleado, contribuyendo a una mejora continua en la gestión de recursos.

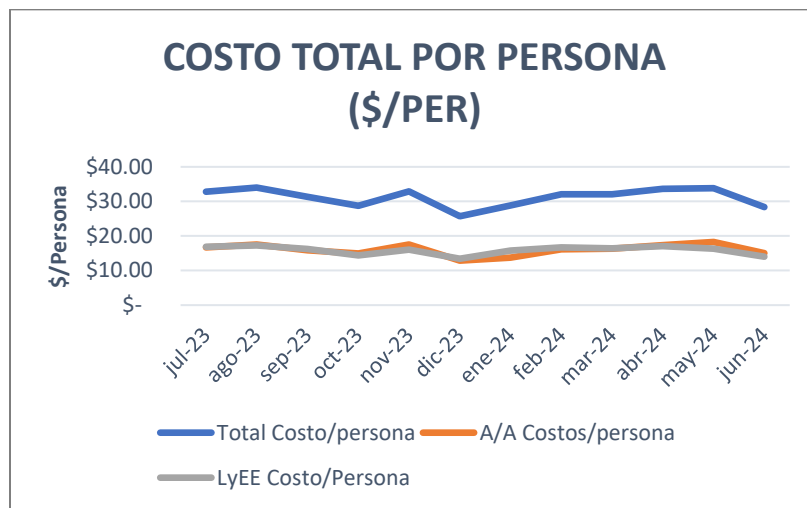


Figura 43: Grafica del EnPI facturación de energía por superficie. Fuente: Elaboración propia en Excel.

Las **emisiones de CO2 por consumo de energía eléctrica por superficie** nos permite evaluar la huella de carbono en relación con el tamaño físico de la instalación, ayudando a identificar áreas con alto impacto ambiental, esto facilita la implementación de iniciativas para reducir las emisiones, como la mejora de la eficiencia energética o la adopción de fuentes de energía renovables. Además de ayudar a la empresa a cumplir con las regulaciones ambientales y reporta sus emisiones de manera precisa.

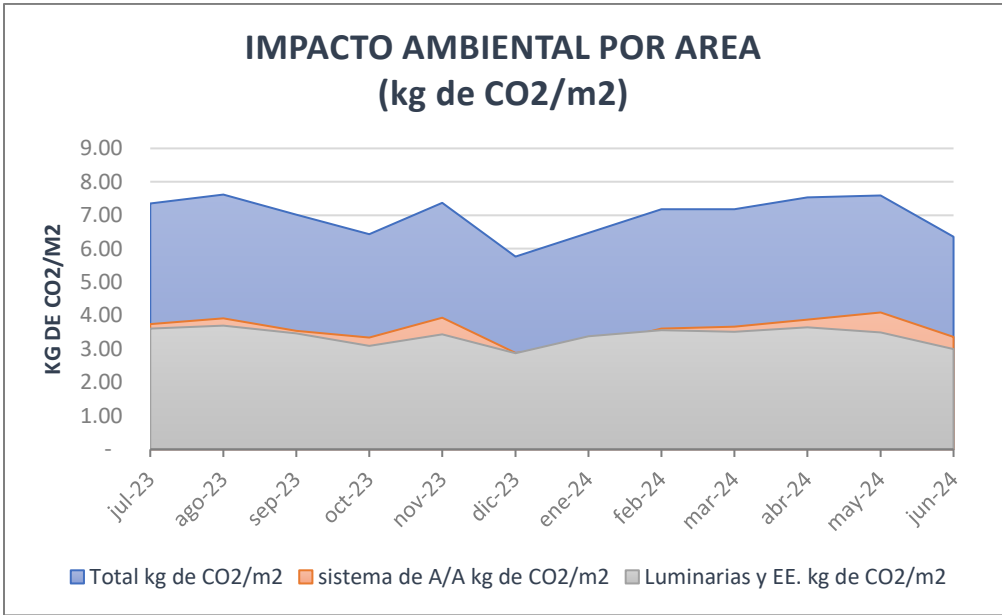


Figura 44: Grafica del EnPI Emisiones de CO2 por consumo de energía eléctrica por superficie. Fuente: Elaboración propia en Excel.

Las **emisiones de CO2 por consumo de energía eléctrica por persona** fomenta la responsabilidad ambiental entre los empleados, promoviendo un uso más eficiente de la energía y la reducción de la huella de carbono personal, además de hacer benchmarking interno y externo comparando el desempeño ambiental con otros sectores de la empresa, lo que puede guiar la mejora continua. También nos ayuda a establecer objetivos claros de reducción de emisiones por empleado, alineando la estrategia empresarial con los objetivos de sostenibilidad.

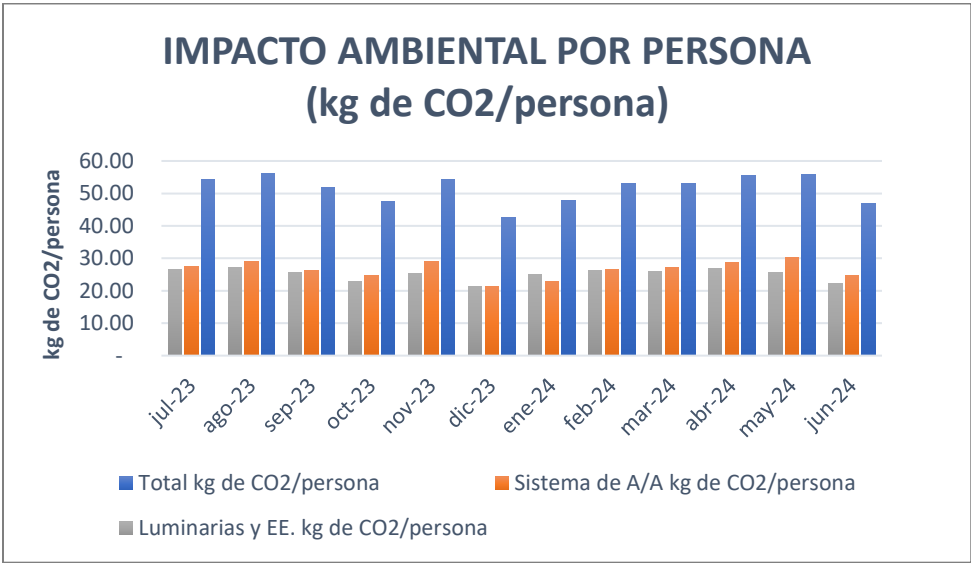


Figura 45: Grafica del EnPI Emisiones de CO2 por consumo de energía eléctrica por persona. Fuente: Elaboración propia en Excel.

## CAPITULO 6: PROPUESTA DE MEJORA PARA UN SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA

### 6.1 RESULTADOS DE ANÁLISIS

Teniendo en cuenta que los horarios de operación del edificio administrativo son de una jornada laboral de 8:00 a.m. hasta 5:00 p.m. de lunes a viernes. Esto quiere decir que en ese tiempo siempre se mantiene encendidos e incluso algunos equipos hasta por más tiempo.

#### 6.1.1 SISTEMAS LUMINARIAS Y EQUIPO ELÉCTRICO DE OFICINA

Para tener un mejor análisis de los sistemas de luminarias y equipo eléctrico en el edificio administrativo de la empresa distribuidora se realizó un conteo de los equipos, describiendo estos elementos en la siguiente tabla:

*Tabla 11: Luminarias existentes en Edificio Administrativo. Fuente: Elaboración propia en Excel.*

Luminaria	Tecnología	Cantidad	Potencia (W)
<b>Tipo spot</b>	Incandescente	33	30
<b>Luminarias 2x2'</b>	LED	30	40
<b>Tipo ojo de buey</b>	LED	146	5
<b>Colgante</b>	Incandescente	2	30
<b>Colgante bajo pérgola</b>	Incandescente	18	30

*Tabla 12: Equipo eléctrico de oficina existentes en Edificio Administrativo. Fuente: Elaboración propia en Excel.*

Equipo Eléctrico	Cantidad	Marca	Modelo	Potencia (W)
<b>Refrigerador-Congelador</b>	1	LG	GT40WDC	700
<b>Horno microondas</b>	2	Whirlpool	WM1807W	1607
<b>Percolador de 45 tazas (cafetera)</b>	2	Oster	BVSTDC3392	1000
<b>pantallas TV 32"</b>	2	LG	UN32T4300AP	60
<b>impresora</b>	2	Lexmark	CX730de	620
<b>Pc de oficina</b>	70			500

Para las computadoras de escritorio se hizo un conteo general de 1 por persona en el edificio y se tomó una potencia promedio con todos sus componentes (Monitor, CPU, UPS, ect.)

En el contexto de una oficina administrativa, como la de la empresa distribuidora, el uso de iluminación artificial es intensivo, ya que la mayoría de las actividades laborales se realizan en espacios cerrados donde la luz natural es limitada. Debido a esto, la iluminación representa una porción significativa del consumo total de energía en el edificio.

Por tanto, la implementación de luminarias LED es una solución adecuada y suficiente para mejorar de manera notable la eficiencia energética del sistema de iluminación, ya que las LED consumen mucha menos energía que las tecnologías tradicionales (incandescentes y fluorescentes). En las tablas 11 y 12 se detallan los equipos de oficina más representativos que se encuentran en la empresa.

### Transición a tecnología LED.

Se pretende sustituir las luminarias incandescentes y fluorescentes por tecnología LED más eficiente. Este cambio permitirá reducir significativamente el consumo energético, los costos asociados, y las emisiones de carbono, contribuyendo a las metas ambientales y de sostenibilidad de la empresa.

Tabla 13: Cambio de luminarias en Edificio Administrativo. Fuente: Elaboración propia en Excel.

Luminaria	Cantidad	Nueva Tecnología Propuesta	Potencia (W)	CONSUMO ANUAL (kWh)	Costo por kWh anuales
Tipo Spot	33	LED Spot	4.2	271.66	\$ 41.89
Colgante	2	LED Colgante	10	39.2	\$ 6.04
Colgante bajo pérgola	18	LED Colgante bajo pérgola	5	198.45	\$ 30.60
Luminarias 2x2'	30	Mantener	40	2352	\$ 362.67
Tipo ojo de buey	146	LED	3	2575.44	\$ 397.13
		<b>TOTAL</b>	62.2	5436.75	\$ 838.33

La sustitución de las luminarias por tecnología LED permitirá la reducción del consumo energético, menores costos de mantenimiento debido a la mayor vida útil de las luminarias LED y la reducción de la huella de carbono, apoyando los objetivos de sostenibilidad de la empresa.

### Transición a tecnología Inverter.

Con los equipos eléctricos de oficina se tiene tecnología un poco desfasada, son funcionales, pero con la era de la tecnología que año con año se va modernizando, se pueden llegar a proponer medidas de acción para hacer los cambios de equipo a unos más eficientes y así reducir tanto en consumo como en emisiones, aparte de facilitar las labores diarias del empleado haciendo más rápido y eficaz su desempeño.

Teniendo en cuenta la tecnología inverter y que no todo el equipo eléctrico está en uso durante todo el horario laboral, se tiene la siguiente tabla:

Tabla 14: Cambio de equipo eléctrico de oficina en Edificio Administrativo. Fuente: Elaboración propia en Excel.

Equipo Eléctrico	Cantidad	Marca	Modelo	Potencia (W)	uso diario (h)	Consumo anual (kWh)	Costo por kWh anuales (\$)
Refrigerador inverter	1	LG	GU21WPP 7'	500	24	4380	\$ 675.38
Horno microondas inverter	2	LG	MS-0936GIR	1150	2	1127	\$ 173.78
Percolador de 45 tazas (cafetera)	2	Orster	BVSTDC3392	1000	2	980	\$ 151.11
Pantallas TV 32"	2	SAMSUNG	UE32M5005 FHD	59	5	144.55	\$ 22.29
Impresora	2	Lexmark	CX931dse	477	3	701.19	\$ 108.12
Pc de oficina (Laptops)	70			400	9	61740	\$ 9,520.12
<b>TOTAL</b>						69072.74	\$ 10,650.81

Como se puede observar en la tabla 14, el cambio a tecnología inverter se tiene las mismas funciones, ahorrando tanto en consumo eléctrico y aportando rapidez y eficacia en las labores diarias de los empleados, destacando que el mayor cambio de ahorro se ve en la adquisición de computadoras portátiles (Laptops). Todo esto va de la mano con el uso apropiado de cada equipo estimando horas de uso apropiadas para cada uno.

#### Tasa de amortización:

Los costos considerados para calcular el retorno de inversión son el suministro de luminarias locales, y el costo unitario de manos de obra por el reemplazo de cada luminaria, calculando esto y los ahorros de costos de energía anuales puede determinarse el tiempo en el cual los ahorros lograrán alcanzar el monto requerido para dicha inversión de transición de luminarias.

Tabla 15: Ahorro anual por cambio de luminaria y EE. Fuente: Elaboración propia en Excel.

	Energía anual (kWh)	Costos anuales por kWh (\$)	Emisiones de CO2 anuales (kg CO2)
Consumo según los datos proporcionados de luminarias y EE	91,032.00	13,335.00	21,055.70
Consumo según los cambios de luminarias y EE	74,509.49	10,914.67	17,234.05
Ahorros anuales de luminarias y EE	16,522.51	2,420.33	3,821.66
Porcentaje de ahorro con el cambio de luminaria y EE	<b>22.18%</b>	<b>22.18%</b>	<b>22.18%</b>

De la tabla 13 se puede resumir los siguiente:

- Ahorro Energético: 16,522.51 kWh anuales.
- Ahorro Monetario Total: \$2,420.33 anuales.
- Ahorro de emisiones de CO2: 3,821.66 kg de CO2 anuales

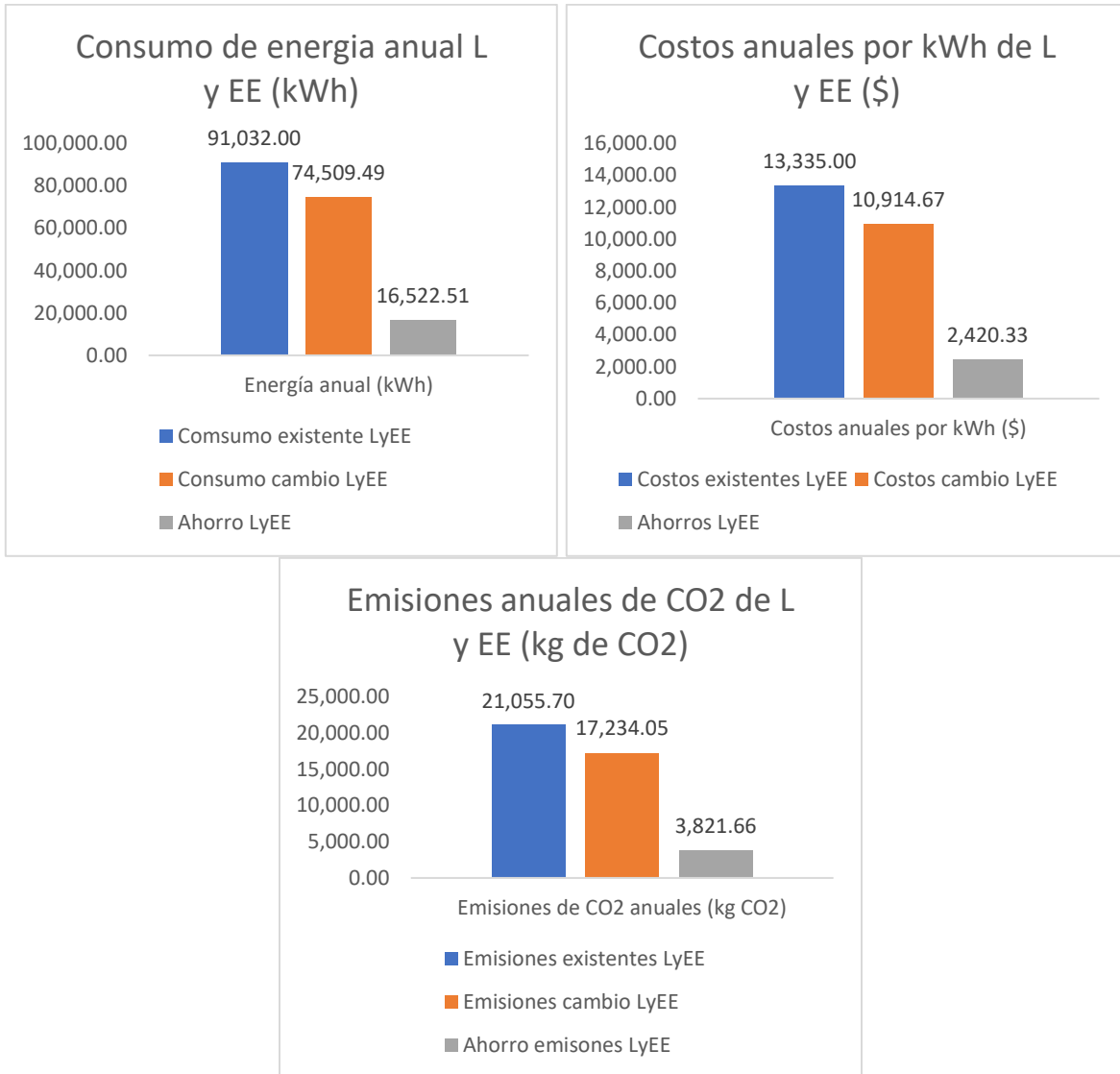


Figura 46: Graficas de ahorros anuales en luminarias y EE. Fuente: Elaboración propia en Excel.

Ahora bien, se estima una tasa de amortización anual tomando en cuenta el suministro de la luminaria y la mano de obra, además las luminarias 2x2' se van a mantener por lo que no se toman en cuenta en la inversión para llevar a cabo dicho cambio:

Tabla 16: Inversión total en cambio de luminarias en Edificio Administrativo. Fuente: Elaboración propia en Excel.

Luminaria	Cantidad	Nueva Tecnología Propuesta	suministro de luminaria	instalación de luminaria	precio unitario reemplazo	TOTAL
<b>Tipo Spot</b>	33	LED Spot	\$ 16.50	\$ 15.00	\$ 31.50	\$ 1,039.50
<b>Colgante</b>	2	LED Colgante	\$ 17.95	\$ 15.00	\$ 32.95	\$ 65.90
<b>Colgante bajo pérgola</b>	18	LED Colgante bajo pérgola	\$ 19.95	\$ 15.00	\$ 34.95	\$ 629.10
<b>Tipo ojo de buey</b>	146	LED	\$ 3.95	\$ 7.00	\$ 10.95	\$ 1,598.70
<b>TOTAL</b>						<b>\$ 3,333.20</b>

De la tabla 16 se tiene una Inversión Total de **\$3,333.20**, con esto podemos calcular la tasa de amortización en años:

$$Tasa\ de\ amortización = \frac{COSTO\ DE\ INVERSION}{AHORRO\ ANUAL} = \frac{3,333.20}{2,420.33} \approx 1.38\ AÑOS$$

La sustitución de las luminarias actuales por tecnología LED no solo mejorará la eficiencia energética, sino que también contribuirá a la reducción de las emisiones de carbono al año, lo que equivale a una significativa contribución a la sostenibilidad ambiental. El rápido retorno de inversión de 1.38 años demuestra que este cambio no solo es ambientalmente responsable, sino también financieramente rentable. En el edificio administrativo típico, las luces están encendidas la mayor parte del día (9 horas diarias), lo que hace que la sustitución por tecnología LED más eficiente tenga un impacto directo e inmediato en el ahorro energético.

Para el equipo de oficina eléctrico el cambio de tecnología desfasada a una más eficiente da un plus tanto en rendimiento como en reducción de consumo energético, reflejándose como en menos costos y menos emisiones ayudando a la huella de carbono. Además, cabe destacar que el punto más favorable es el cambio de computadoras de escritorio con sus accesorios a computadoras portátiles.

Tabla 17: Inversión total en cambio de EE de oficina en Edificio Administrativo. Fuente: Elaboración propia en Excel.

Equipo	Cantidad	Costos por suministro	Costo por envío y fletes	Total
Refrigerador inverter LG GU21WPP 7'	1	\$ 319.00	\$ 5.00	\$ 324.00
Horno microondas inverter LG MS-0936GIS	2	\$ 129.00	\$ 5.00	\$ 268.00
Percolador de 45 tazas (cafetera) Orsterd BVSTDC3392	2	\$ 59.00	\$ 5.00	\$ 128.00
Pantalla TV LED 32" Samgsum UE32M5005 FHD	2	\$ 219.00	\$ 5.00	\$ 448.00
Impresora Lexmark CX931dse	2	\$ 850.00	\$ 5.00	\$ 1,710.00
PC de oficina (Laptops)	70	\$ 500.00	\$ 15.00	\$36,050.00
<b>Total</b>				<b>\$38,928.00</b>

De la tabla 17 se tiene una Inversión Total de **\$38,928.00**, con esto podemos calcular la tasa de amortización en años:

$$Tasa\ de\ amortización = \frac{COSTO\ DE\ INVERSION}{AHORRO\ ANUAL} = \frac{38,928.00}{2,420.33} \approx 16.08\ AÑOS$$

Como podemos ver la mayor inversión está en el cambio de computadoras de escritorio a Laptops, pero este cambio reduce mayoritariamente el consumo de energía eléctrica anual reduciendo con esto también los costos por energía. Aunque esto tendrá un retorno en años de aproximadamente de 16 años, es una de las decisiones que puede pasar a ser revisada más a profundidad por el comité de SGE de la empresa para estudios futuros.

#### 6.1.2 EQUIPO DE CLIMATIZACIÓN (A/A)

Para el análisis energético del sistema de climatización de espacios, se utilizarán los valores de consumo de energía proporcionados tanto por la empresa y la etiqueta del fabricante del equipo de aire acondicionado. Este análisis se basará en una jornada laboral de 9 horas y un total de 245 días laborables al año para edificios administrativos, estos datos servirán solo como referencia para evaluar el aspecto económico si se requiera una sustitución de los equipos de aire acondicionado. Para esto el factor más importante a tomar en cuenta es el Factor de Eficiencia Energética Estacional (SEER, por sus siglas en inglés), define la eficiencia estacional de una unidad, calculada en función de la demanda anual de refrigeración, y se determina según las condiciones climáticas especificadas en la norma UNE-EN 14825:2014.

Esta situación representa una oportunidad de mejora significativa para el SGE, ya que podría generar información de valor para una posible implementación a corto o mediano plazo, en caso de que la empresa decida reestructurar y sustituir los equipos de climatización. La propuesta a continuación se enfoca en mejorar los equipos mediante el uso de tecnologías alternativas, basándose en una evaluación que considera criterios como eficiencia, vida útil, costo de operación anual, tecnología y especificaciones técnicas.

En el edificio administrativo se ha confirmado la instalación de seis unidades de aire acondicionado de 60,000 BTU de la marca YORK y un mini Split de 12,000 BTU. Como parte de nuestro sistema de gestión, nos proporcionaron el diagrama de distribución de dictaría correspondiente.

Tabla 18: Equipo de climatización existente. Fuente: Elaboración Propia.

MARCA	CANTIDAD	W	BTU/h	kW	EER
YORK 5 ton	6	7700	60000	7.7	2.6
Mini Split LENOX	1	1125	12000	1.125	-
<b>Real</b>			<b>372000</b>	<b>46.2</b>	

Es importante mencionar que, entre las deficiencias observadas en el manejo de información del inventario de estos equipos, se identificó la falta de datos relevantes sobre los diagramas eléctricos de la instalación. Esto dificulta el levantamiento detallado de cada circuito de aire acondicionado.

Para realizar el análisis se hizo un estudio para encontrar la capacidad de los aires acondicionados teniendo en cuenta el área del edificio teniendo una altura de techo de 2.4 metros, la cantidad de personas y el equipo eléctrico de oficina. Con esto en cuenta se procede a hacer los cálculos correspondientes de los Btu totales en el edificio.

Tabla 19: Tablas de metros cuadrados de áreas a acondicionar.

Área			Enfriamiento			Área			Enfriamiento		
ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	BTU's/Hr	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	BTU's/Hr	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	BTU's/Hr	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	BTU's/Hr
75	7	2600	1250	117	24900	5000	467	100350			
100	9	3350	1500	140	28900	6000	560	118400			
150	14	5200	1750	163	35800	7000	653	136200			
200	19	6000	2000	187	36100	8000	747	154300			
250	23	6900	2250	210	42900	9000	840	172500			
300	28	7500	2500	233	46900	10000	933	190400			
350	33	7900	2750	257	53800	11000	1027	208700			
400	37	9000	3000	280	54000	12000	1120	226400			
500	47	10900	3250	303	64700	13000	1213	244200			
600	56	12800	3500	327	71600	14000	1307	262300			
800	75	14900	3750	350	78500	15000	1400	280700			
900	84	17000	4000	373	82500	17500	1633	327700			
1000	93	18000	4500	420	89450	20000	1867	374900			

De la tabla 19 tenemos los metros cuadrados del edificio a acondicionar, para nuestro caso tenemos un área de 516.14 m<sup>2</sup>, por lo que se usara el nivel siguiente superior, con esto tenemos un enfriamiento de **118,400 BTU/h**.

Tabla 20: Tablas de cantidad de personas en el lugar a acondicionar.

Personas	BTU's/Hr	Personas	BTU's/Hr	Personas	BTU's/Hr
1	600	60	36000	240	144000
2	1200	70	42000	260	156000
3	1800	80	48000	280	168000
4	2400	90	54000	300	180000
5	3000	100	60000	350	210000
10	6000	120	72000	400	240000
15	9000	140	84000	450	270000
20	12000	160	96000	500	300000
30	18000	180	108000	600	360000
40	24000	200	120000	700	420000
50	30000	220	132000	800	480000

De la tabla 20 tenemos las personas que se encuentran en el edificio, para nuestro caso tenemos 70 personas, con esto tenemos un enfriamiento de **42,000 BTU/h**.

Tabla 21: Equipo eléctrico de oficina según potencia total.

Watts	BTU's/Hr	Watts	BTU's/Hr	Watts	BTU's/Hr
1000	3414	10000	34140	30000	102420
2000	6828	12500	42675	40000	136560
3000	10242	15000	51210	50000	170700
4000	13656	17500	59745	70000	238980
5000	17070	20000	68280	80000	273120
7500	25605	25000	85350	100000	341400

De la tabla 21 tenemos la potencia total de los equipos de oficina que se encuentran en el edificio, para nuestro caso tenemos 33,872 Watts, por lo que escogemos el valor siguiente superior con un enfriamiento de **136,560 BTU/h**.

Sumando estos datos se puede hacer una comparación con el valor real en Btu que se tiene instalado en el edificio:

Tabla 22: Capacidad existente contra capacidad estimada. Fuente: Elaboración Propia.

DESCRIPCION	VALOR
Capacidad Existente en BTU/h	372000
Capacidad Estimada en BTU/h	296960
<b>Porcentaje de Estimación (%)</b>	<b>125.27%</b>

Como se puede observar en la tabla 22 se tiene un sobredimensionamiento en los equipos de un 25.27% lo que equivale a **75,040 Btu/h**.

Con este sobredimensionamiento en el equipo se puede hacer una mejora y redistribución de los equipos de climatización, para esto se debe quitar un aire de 60000 Btu/h de 5 toneladas y redistribuir en los otros esa capacidad, además de cambiar estos equipos a unos más actuales con mejor tecnología como lo es la inverter con mejores SEER y EER.

El EER es para evaluar la eficiencia de los sistemas de climatización y el SEER mide el rendimiento energético estacional, estos dos valores suelen estar en las características técnicas o etiquetas de los equipos, pero en los modelos más antiguos solo se especificaba el EER.

Tabla 23: Capacidad propuesta contra capacidad estimada. Fuente: Elaboración Propia.

DESCRIPCION	VALOR
Capacidad Propuesta en BTU/h	312000
Capacidad Estimada en BTU/h	296960
<b>Porcentaje de Estimación (%)</b>	<b>105.06%</b>

Como podemos observar en la tabla 23, quitando un aire de 60000 Btu/h y redistribuyendo la capacidad se tiene un sobredimensionamiento del 5.06% que equivale a **15,040 Btu/h**. Esto solo quitando un aire de los existentes, si también se cambian a modelos actuales también se tendrán mejoras tanto en rendimiento, consumo y eficiencia energética.

Para la elección de los equipos de climatización hay que tomar en cuenta la clasificación del SEER y EER.

Tabla 24: Escalas de SEER y EER. Fuente: Elaboración propia.

ESCALA SEER		ESCALA EER	
CALIFICACION	SEER	CALIFICACION	EER
<b>A+++</b>	>22	<b>A</b>	>3.2
<b>A++</b>	20-21	<b>B</b>	3.1
<b>A+</b>	18-19	<b>C</b>	De 3.0 a 2.8
<b>A</b>	15-17	<b>D</b>	De 2.8 a 2.6
<b>B</b>	<11.5 (equipos no inverter)	<b>E</b>	De 2.6 a 2.4
<b>C</b>	>11.5 (equipos no inverter)	<b>F</b>	De 2.4 a 2.2

En base a las clasificaciones de la tabla 24 se puede hacer una propuesta de elección para los nuevos equipos, así se escogieron los nuevos equipos a instalar más actualizados y con un sistema inverter para mejor eficiencia energética, el Mini Split con una clasificación A+ y los centrales con clasificación A en la escala SEER.

Tabla 25: Selección de nuevo equipo de climatización. Fuente: Elaboración propia.

Marca	Cantidad	Potencia (kW)	BTU/W	Operación diaria (h)	Operación en h al año	SEER	Refrigerante	Consumo al año (kWh)	costos anual (\$)
<b>AA Cassette EvapoEco Daikin Inverter</b>	5	7.7	60000	8	1960	16	R-410A	75460.00	\$ 11,635.71
<b>AA Mini Split Midia Inverter</b>	1	1.125	12000	8	1960	18	No	2205.00	\$ 340.00
<b>Total</b>								77665.00	\$ 11,975.71

Como se puede observar de la tabla 25, se proponen aires acondicionados con tecnología inverter reduciendo así tanto el costo como consumo eléctrico, suponiendo que trabajen 8 horas apagándose 1 hora que sería la hora de almuerzo.

A continuación, se detalla el porcentaje de ahorro de los equipos de climatización tanto en consumo como en costos anuales teniendo en cuenta que el kWh le cuesta a la empresa \$0.146.

Tabla 26: Ahorro anual por cambio de equipos de climatización. Fuente: Elaboración propia.

	Energía anual (kWh)	Costos anuales por kWh (\$)	Emisiones de CO2 anuales (kg de CO2)
<b>consumo según los datos proporcionados</b>	96,116.44	14,079.81	22,231.73
<b>Consumo según los cambios de equipo</b>	77665.00	11,376.91	17,963.91
<b>Ahorros anuales de equipo de A/A</b>	18,451.44	2,702.90	4,267.82
<b>Porcentaje de ahorro con el cambio de equipo de A/A.</b>	<b>23.76%</b>	<b>23.76%</b>	<b>23.76%</b>

De la tabla 26 se puede resumir los ahorros de 18,451.44 kWh anuales, ahorros monetarios de \$2,702.90 anuales y ahorro de emisiones de CO2 de 4,267.82 kg de CO2 anuales.

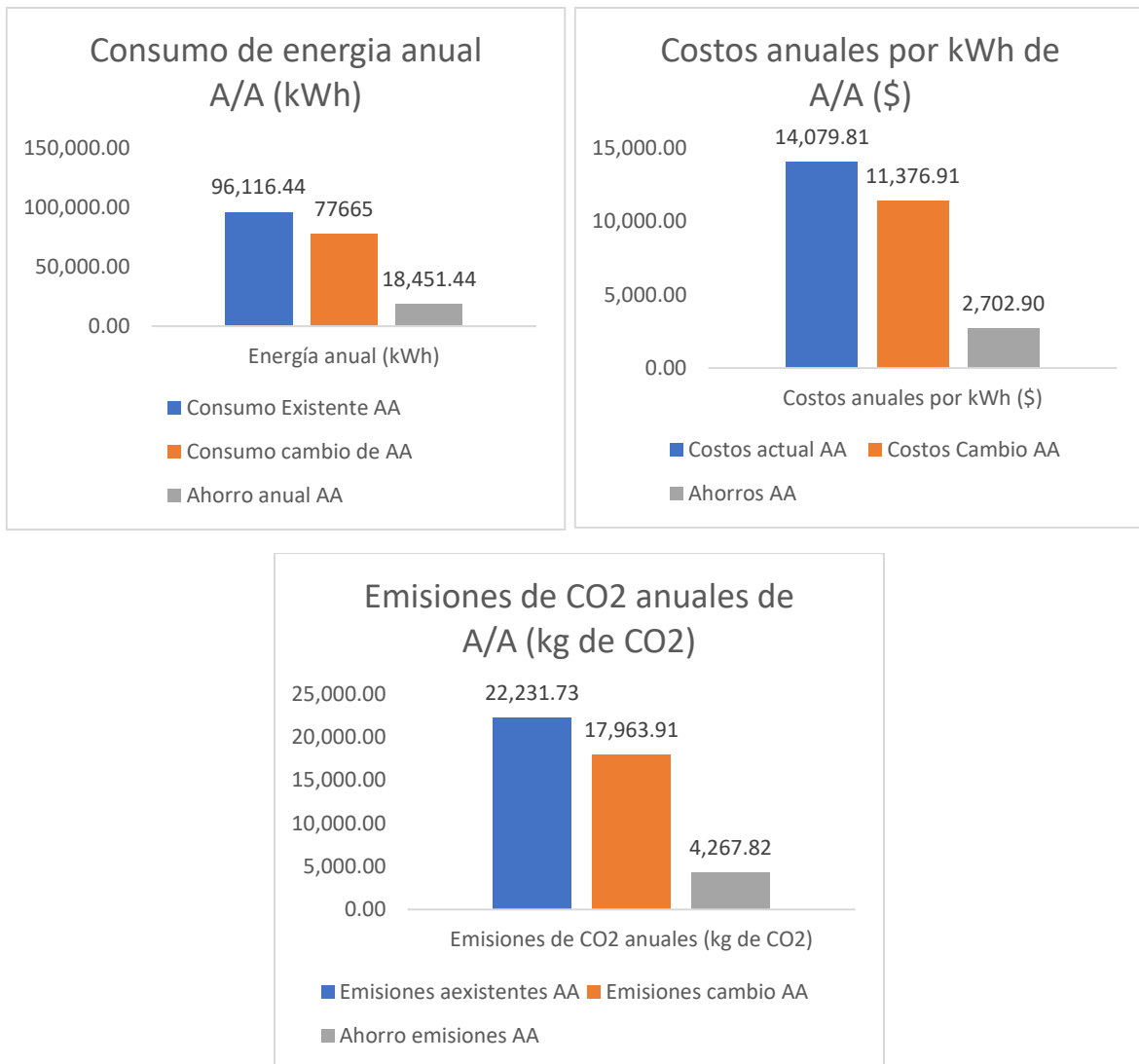


Figura 47: Gráficas de ahorros anuales de equipo de climatización. Fuente: Elaboración propia en Excel.

### Tasa de amortización:

La propuesta es eliminar uno de los equipos y centralizar el funcionamiento con el equipo restante, lo que resulta en un ahorro mensual de 7.7 kW.

Eliminar uno de los equipos de 60,000 BTU y ajustar los ductos para redistribuir el aire de manera eficiente en las áreas designadas. los equipos restantes serán suficientes para cubrir las necesidades del edificio sin comprometer el confort térmico.

El sistema operará durante 8 horas diarias y 245 días al año, lo que implica una operación intensiva en un entorno de oficina administrativa. El ajuste de ductos es necesario para redirigir el flujo de aire del equipo a retirar hacia los demás equitativamente.

Tabla 27: Costo por cambios de equipos de climatización. Fuente: Elaboración propia.

Equipo	Cantidad	Suministro de AA	Instalación de AA	Costo de envío y fletes	Precio unitario por reemplazo	TOTAL
Mini Split Media inverter de 12000 BTU	1	\$ 399.00	\$ 200.00	\$ 50.00	\$ 649.00	\$ 649.00
Central 5 TON Media Inverter 60000 BTU	5	\$ 6,470.72	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	\$ 8,470.72	\$ 42,353.60
<b>TOTAL</b>						<b>\$ 43,002.60</b>

Puesto que se va hacer una redistribución de ducteria, se tiene que considerar una partida para esos trabajos:

Tabla 28: Costo extra estimado para equipos de climatización. Fuente: Elaboración propia

DESCRIPCION	COSTO ESTIMADO
Materiales ( ductos, aislantes, rejillas, soportes)	\$ 2,800.00
Mano de Obra ( Mano de obra para el ajuste de ductos y soportería)	\$ 2,200.00
Costos Adicionales (desmontaje/montaje del cielo falso, permisos, imprevistos, transporte)	\$ 1,200.00
<b>Costo Total Estimado</b>	<b>\$ 5,250.00</b>

Sumando los costos por cambio y costos extras se puede hacer el cálculo de la tasa de amortización.

Tabla 29: Tasa de amortización en equipos de climatización. Fuente: Elaboración propia

Total de Costos	\$ 48,252.60
ahorro monetario anual AA	\$ 2,702.90
<b>Retorno inversión (años)</b>	<b>20.92</b>

Cálculo de tasa de amortización con formula:

$$\text{Tasa de amortización} = \frac{\text{COSTO DE INVERSION}}{\text{AHORRO ANUAL}} = \frac{48,252.60}{2,702.90} \approx 17.85 \text{ AÑOS}$$

Como se puede observar en la tabla 29 se tiene una tasa de amortización de aproximadamente 18 años.

### 6.1.3 SUGERENCIA DE PROPUESTA DE SUSTENTABILIDAD BIOCLIMÁTICA EN EL EDIFICIO ADMINISTRATIVO

Por último, pero no menos importante se harán propuestas que se pueden tener en cuenta en relación con el confort térmico del edificio, ya que este no puede estandarizarse, es decir no se tiene un estándar o rango de comodidad recomendados, este varía según el entorno y el uso que se les da a los espacios. Para lograr un óptimo confort térmico, es fundamental diseñar una envolvente exterior eficiente, que actúe como un filtro entre el clima exterior y el interior, con el fin de tener las condiciones óptimas para el desempeño de los empleados. Esto implica considerar factores como el aislamiento, la ganancia solar, la inercia térmica y la ventilación.

Dado que el edificio ya está construido hay algunos factores que no influyen de gran manera como lo es la inercia térmica, que determina los materiales para que el interior se adapte a la temperatura exterior lo más rápido posible y la ganancia solar que solo se puede analizar el uso de algunos elementos para generar sombra.

Con respecto a los otros factores se debe tener en cuenta el aislamiento adecuado en áreas opacas y vidriadas para minimizar la ganancia de calor en climas cálidos y que se conserve el calor en climas fríos. Por último, la ventilación es clave para mantener un ambiente cómodo, gestionando el intercambio de aire con el exterior, ya sea de forma natural o mecánica.

A continuación, se proponen algunos criterios para el confort térmico que se pueden llegar a tomar en cuenta:

- ✓ Incorporar áreas verdes dentro de las posibilidades y darles mantenimiento frecuentemente a las que ya están en los alrededores del edificio y ornamentar el interior del edificio con plantas para minimizar las emisiones y también mejorar la calidad del aire, proporcionando un microclima interno más frescos.
- ✓ Implementar materiales con alta capacidad de aislamiento térmico en paredes, techos y ventanas, como lo son los materiales opacos para reducir la transferencia de calor y que minimicen el rebote de las ondas radiantes, evitando el rebote innecesario de estas ondas hacia el interior del edificio.

- ✓ Incorporar sistemas de persianas o toldos ajustables que permitan regular la entrada de luz y calor para tener iluminación natural, mejorando el confort térmico sin depender completamente de sistemas de climatización artificial.
- ✓ Implementar al edificio sistemas de ventilación pasiva ya sea natural y/o artificial que aprovechen las diferencias de temperatura y presión para facilitar el enfriamiento requerido para un mejor desempeño en las actividades diarias.
- ✓ Organizar los espacios minimizando las áreas de recorrido innecesarios.
- ✓ Establecer un plan de mantenimiento regular para garantizar que todos los sistemas funcionen de manera eficiente y efectiva

Estas propuestas fueron hechas con la información que se obtuvo en todo el proceso de esta investigación, si se quiere detallar y profundizar más sobre el tema confort térmico, queda para investigaciones futuras de parte del SGE de la empresa [6].

#### 6.1.4 PROPUESTA DE PLAN DE ACCIÓN PARA MEJORAR EL CONSUMO DE ENERGÍA (ISO 50001)

Teniendo en cuenta los requisitos para implementar, mantener y mejorar continuamente un SGE que establece la Norma ISO 50001, se presenta un plan de acción para mejorar el consumo de energía en el edificio administrativo [2].

##### **Establecimiento de Objetivos Energéticos y Metas Medibles**

**Objetivo:** Implementar un sistema de luminarias LED integradas con tecnología de control inteligente en las instalaciones, con el fin de optimizar el consumo energético, mejorar la calidad de la iluminación y promover un entorno más sostenible y adaptable a las necesidades de los usuarios.

##### **Objetivos específicos:**

- Reducir el consumo energético de iluminación en un **15% en un plazo de 2 años**.
- Evaluar el consumo actual de energía y la calidad de la iluminación en las instalaciones para identificar áreas de mejora.
- Diseñar e implementar un sistema de control inteligente en un plazo de 4 meses, que incluya funciones de programación horaria y sensores de ocupación.
- Implementar un sistema de monitoreo continuo para evaluar el rendimiento del sistema de iluminación y realizar ajustes según sea necesario.

### **Metas específicas:**

- Completar el diagnóstico energético en el plazo estipulado, identificando al menos 5 áreas de mejora en el consumo de energía y calidad de iluminación.
- Diseñar e implementar un sistema de gestión que permita el control y la monitorización del consumo energético y la iluminación según las necesidades de los usuarios.
- Establecer un sistema de monitoreo que funcione continuamente, con reportes trimestrales sobre el rendimiento del sistema y ajustes necesarios a realizar.

**Objetivo:** Mejorar el uso de gestión de los aires acondicionados para tener una reducción en el consumo energético, optimizando la temperatura de confort de los espacios y cambiar el equipo desfasado teniendo en cuenta todo lo que conlleva.

### **Objetivos específicos:**

- Reducir el consumo energético de los aires acondicionados en un **15% en un plazo de 20 años**.
- Cambiar a equipos de climatización modernos y más eficientes, con tecnología inverter y redistribuir la capacidad sobredimensionada.
- Mantener la temperatura de confort en un rango de **22°C a 24°C** en las oficinas y optimizar su uso según las estaciones del año.

### **Metas específicas:**

- Implementar sistemas de control automático en los aires acondicionados para regular su funcionamiento de acuerdo con las necesidades de temperatura y horarios de operación.
- Mejorar el rendimiento de los equipos y reducir las emisiones de efecto invernadero.
- Realizar un programa de mantenimiento preventivo trimestral para asegurar el buen funcionamiento de los equipos y evitar ineficiencias.

**Objetivo:** Evaluar el cambio de los equipos eléctricos de oficina a tecnologías más eficientes, mejorando así la eficacia y confort del empleado en sus labores diarias, además de reducir el consumo eléctrico.

### **Metas específicas:**

- Mejorar el rendimiento de los equipos eléctricos de oficina con tecnología inverter y reducir las emisiones de efecto invernadero.
- Reducir el consumo energético del equipo eléctrico de oficina en un **15%**.

- Mejorar el confort del empleado para sus labores diarias, siendo más eficaz.

### **Implementación de un Plan de Acción Energético**

#### **Optimización de horarios según estaciones del año.**

En El Salvador, donde las temperaturas varían, ajustar el uso de los aires acondicionados según las estaciones:

- **Temporada fresca (noviembre a febrero):** Limitar el uso del aire acondicionado en las primeras horas del día y permitir el uso de ventilación natural.
- **Temporada cálida (marzo a octubre):** Optimizar el uso del aire acondicionado, pero con controles programados que apaguen los equipos fuera del horario laboral.

**Objetivo:** Concienciación y capacitación de empleados implementando programas de sensibilización sobre el uso responsable de los equipos.

#### **Metas específicas:**

- Realizar talleres para educar a los empleados al menos 1 vez al año sobre cómo pequeñas acciones, como mantener las puertas cerradas y evitar ajustes frecuentes en la temperatura, contribuyen al ahorro energético.
- Proporcionar capacitaciones a los empleados al menos 2 veces al año sobre el uso responsable de los equipos.
- Concientizar a los empleados sobre el uso responsable y desmedido de los equipos eléctrico de oficina postergando la vida útil de estos.
- Proporcionar formación a los empleados sobre el uso y mantenimiento del nuevo sistema de iluminación inteligente.
- Instalar carteles en áreas estratégicas que recuerden mantener la temperatura de confort y apagar los equipos cuando no sean necesarios.

#### **Automatización y control.**

Instalar termómetros programables y sistemas de gestión de energía para ajustar de manera automática el funcionamiento de los aires acondicionados según la ocupación de las áreas y las condiciones climáticas según horario de trabajo y dependiendo las estaciones climáticas del año.

#### **Mantenimiento regular.**

Establecer un plan de **mantenimiento preventivo** para limpiar filtros, revisar todos los componentes tanto de luminarias como equipo eléctrico (AA y EE de oficina), mejorar el rendimiento de los equipos, con el fin de evitar el uso excesivo de energía debido a la falta de mantenimiento.

## **Monitoreo, Medición y Análisis de Resultados**

**Objetivo:** Medir y verificar el impacto de las acciones implementadas para asegurar el cumplimiento de los objetivos energéticos.

**Monitoreo de consumo energético:** Utilizar medidores de energía específicos para los aires acondicionados y sistemas de seguimiento en tiempo real. Esto permitirá evaluar el impacto de las acciones de eficiencia energética y comparar el consumo actual con la línea base.

**Indicadores de desempeño energético (EnPI):** Definir indicadores clave de desempeño, como el consumo por metro cuadrado de espacio o por persona, ahorros energéticos porcentual anual, etc. O como los que se plantearon en la investigación. Estos EnPI se usarán para evaluar si las metas establecidas se están cumpliendo.

**Auditorías internas:** Realizar auditorías energéticas periódicas para revisar la eficacia del sistema de gestión energética. Esto garantiza que las mejoras implementadas sean sostenibles a largo plazo y que se sigan buscando nuevas oportunidades de ahorro.

## **Revisión por la Dirección y Mejora Continua**

**Revisión anual:** La alta dirección debe realizar una revisión anual del sistema de gestión energética para evaluar el cumplimiento de los objetivos y metas. A partir de esta revisión, se pueden ajustar los planes de acción según los resultados obtenidos.

**Mejora continua:** Utilizar los datos del monitoreo y los resultados de las auditorías para identificar nuevas áreas de mejora y actualizar el plan de acción en función de los avances tecnológicos, el comportamiento de los empleados, o cambios en las condiciones climáticas.

**Sugerencia a futuro:** Con estos datos obtenidos se sugiere para estudios futuros por parte del SGE de la Empresa Distribuidora un análisis para un sistema fotovoltaico aislado, teniendo en cuenta las áreas de alto consumo y así disminuir tanto la huella de carbono como los gastos anuales. Con esto se promueve la mejora continua y la eficiencia energética en el edificio administrativo.

## CONCLUSIONES

La implementación de la Norma ISO 50001 en el edificio administrativo de la empresa Distribuidora no solo optimizara los recursos energéticos, sino que también fomentara un entorno laboral más sostenible y eficiente. Como resultado de esto, se generarán beneficios económicos, ambientales y sociales a largo plazo.

La recopilación de datos sobre el consumo energético del edificio administrativo durante un año ha permitido establecer una línea base de desempeño energético, conforme a la norma ISO 50001. Este análisis ha identificado patrones de consumo, con picos significativos en meses específicos, mientras que los períodos de enero a mayo de 2024 muestran una estabilidad en el consumo. Los equipos de climatización presentan un consumo predecible, sugiriendo la necesidad de optimizar su uso en épocas de alta demanda. Los hallazgos servirán como base para implementar un sistema de gestión de energía más efectivo, que promueva la eficiencia del consumo energético, el impacto medioambiental, reduzca costos y contribuya a la sostenibilidad.

El análisis de benchmark realizado con RETScreen Expert ha evidenciado oportunidades significativas para mejorar la eficiencia energética del edificio administrativo. Con un consumo anual de 187,148 kWh, se identificaron áreas clave para la reducción del consumo y las emisiones de CO<sub>2</sub>, que se estiman en 43.3 toneladas anuales. Las recomendaciones apuntan a una reducción del 15% en el consumo energético, lo que permitiría un ahorro de 28,072 kWh y una disminución de costos de más de \$4,000 y de 6,5 toneladas de CO<sub>2</sub>. Este estudio, además de resaltar la viabilidad de implementar medidas de eficiencia energética, subraya la importancia de monitorear continuamente el desempeño energético y ajustar estrategias conforme a los avances logrados, fomentando así un enfoque sostenible y económicamente favorable.

La implementación de Indicadores de Desempeño Energético (EnPIs) en el edificio administrativo, conforme a la norma ISO 50001, permite un monitoreo efectivo del consumo de energía y sus impactos. Los EnPIs seleccionados, que incluyen consumo y costos por superficie y persona, así como emisiones de CO<sub>2</sub>, ofrecen una base cuantitativa para identificar áreas de mejora y fomentar prácticas sostenibles. El análisis detallado de estos indicadores no solo ayuda a optimizar la eficiencia energética y reducir costos operativos, sino que también promueve una cultura de responsabilidad ambiental entre los empleados. Además, facilita la comparación interna y externa, guiando decisiones estratégicas y contribuyendo a objetivos de sostenibilidad.

La propuesta de mejora para el sistema de gestión de energía en el edificio administrativo destaca la necesidad de actualizar tanto las luminarias como los equipos de climatización. A través de un análisis exhaustivo, se identificaron oportunidades significativas de ahorro energético y reducción de costos. La transición a tecnología LED para la iluminación y a tecnologías más eficientes los EE de oficina puede generar un ahorro energético anual de 16,522.51 kWh y una tasa de amortización de 1.38 años para las luminarias y de 16.08 años para el EE de oficina, al mismo tiempo que se reducen las emisiones de CO<sub>2</sub> con ahorros de 4,325.6 kg de CO<sub>2</sub> y de \$2,420.33 anuales.

En cuanto a los sistemas de climatización, se observó un sobredimensionamiento del 25.27% en la capacidad instalada, lo que justifica la redistribución y actualización de los equipos a modelos más eficientes. Con esta mejora, se prevé un ahorro del 23.8% en consumo energético, costos y emisiones de CO<sub>2</sub>, que equivalen a 18,451.44 kWh, \$2,702.90 y 4,267.82 kgCO<sub>2</sub> respectivamente con una tasa de amortización de 17.86 años. En conjunto, estas acciones no solo optimizarán la eficiencia energética y reducirán costos operativos, sino que también contribuirán a los objetivos de sostenibilidad de la empresa, favoreciendo un entorno laboral más eficiente y responsable.

La propuesta de sustentabilidad bioclimática no solo busca optimizar el confort térmico del edificio administrativo, sino también reducir su huella ecológica y fomentar un entorno saludable para los ocupantes. La integración de estos principios contribuirá a un uso más eficiente de los recursos y a un impacto ambiental positivo.

Se presentó un plan de acción basado en la norma ISO 50001, que incluye objetivos específicos para reducir el consumo energético de la iluminación, EE de oficina y los sistemas de climatización. Las metas son orientadas en mejorar la eficiencia, disminuir costos y minimizar el impacto ambiental. La capacitación del personal y la automatización del control de sistemas son fundamentales para fomentar un uso responsable de la energía.

El monitoreo continuo y las auditorías energéticas garantizarán que las mejoras sean sostenibles a largo plazo. En resumen, estas iniciativas no solo contribuyen al confort y bienestar de los empleados, sino que también refuerzan el compromiso de la empresa con la sostenibilidad y la eficiencia energética.

## REFERENCIAS

- *Curso de Especialización: Tópicos de Energía (2024).* [Ing. José Roberto Ramos Universidad de El Salvador]
  - *IEEE Recommended Practice for Energy Management in Industrial and Commercial Facilities [ IEEE BRONZE BOOK]*
  - *IEA (International Energy Agency). (2021). Global Energy Review: CO2 Emissions in 2022. [Informe de la IEA].*
  - *Norma Técnica Salvadoreña de Gestión de Energía: NTS ISO 50001.* [José Ramos López, TEL-115 Universidad de El Salvador] Comité Técnico 72, OSN [PDF]
  - *Manual para la Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía 2ª Edición (México, D.F., 25 de julio de 2016) [Conuee /GIZ].*
  - *Guía técnica para la implementación de Sistemas de Gestión de la Energía en el marco de una Red de Aprendizaje. (2017) [Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (giz) GmbH]*
  - *RETScreem Expert EOL 8.0*
  - *AutoCAD 2021*
- [1] IEA Data & Policies: <https://www.iea.org/topics/energy-security>
- [2] <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:50001:ed-1:v1:es>
- [3] <https://www.comunidadism.es/nueva-iso-500012018/>
- [4] <https://www.youtube.com/watch?v=TBRX-MFdZTc&list=PLwbMOupnoLuRXFHKMm0BShrJweHWmgJM8>
- [5] <https://www.youtube.com/@joserobertoramoslopez1285>
- [6] <https://www.youtube.com/watch?v=ODQzsxrV7ms&list=PLITrYykjlcYpO8ANTngbzMDo2IPF2ia-c&index=1>
- [7] <https://estadisticas.dgeh.m.gob.sv/>
- [8] <https://www.siget.gob.sv/gerencias/electricidad/tarifas-de-electricidad/tarifas-de-electricidad-ano-2024/>

## ANEXO

*Tabla 30: Resumen de consumo anual de luminarias y equipo eléctrico. Fuente: Elaboración propia.*

Tipo de Servicio	Consumo (KWh)	Potencia (KW)	Inicio de Facturación	Fin de Facturación	Costos	MES	DIAS	Consumo proyectado (kwh)	Intervalo mínimo de confianza	Intervalo máximo de confianza
Energía Regulada	6,688.00	10	11/6/2024	11/7/2024	\$ 936.32	jun-24	30	7401.34	6391.77	8410.91
Energía Regulada	7,800.00	10	11/5/2024	11/6/2024	\$1,092.00	may-24	31	7435.57	6426.00	8445.14
Energía Regulada	8,152.00	10	11/4/2024	11/5/2024	\$1,141.28	abr-24	30	7468.69	6459.12	8478.26
Energía Regulada	7,848.00	10	12/3/2024	11/4/2024	\$1,098.72	mar-24	30	7501.81	6492.25	8511.38
Energía Regulada	7,960.00	10	10/2/2024	12/3/2024	\$1,114.40	feb-24	31	7536.04	6526.47	8545.61
Energía Regulada	7,552.00	10	11/1/2024	10/2/2024	\$1,093.54	ene-24	30	7569.16	6559.59	8578.73
Energía Regulada	6,416.00	10	12/12/2023	11/1/2024	\$ 929.04	dic-23	30	7602.29	6592.72	8611.85
Energía Regulada	7,664.00	10	11/11/2023	12/12/2023	\$1,109.75	nov-23	31	7636.51	6626.94	8646.08
Energía Regulada	6,896.00	10	12/10/2023	11/11/2023	\$1,002.05	oct-23	30	7669.63	6660.07	8679.20
Energía Regulada	7,744.00	10	12/9/2023	12/10/2023	\$1,180.36	sep-23	30	7702.76	6693.19	8712.32
Energía Regulada	8,256.00	10	12/8/2023	12/9/2023	\$1,258.40	ago-23	31	7736.98	6727.41	8746.55
Energía Regulada	8,056.00	10	12/7/2023	12/8/2023	\$1,227.91	jul-23	31	7771.21	6761.64	8780.78

Tabla 31: Resumen de consumo anual de sistema de climatización (A/A) Fuente: Elaboración propia.

Tipo de Servicio	Consumo (KWh)	Potencia (KW)	Inicio de Facturación	Fin de Facturación	Costos	MES	DIAS
Energía Regulada	7,502.88	34,92	11/6/2024	11/7/2024	\$ 1,099.07	jun-24	30
Energía Regulada	9,135.00	54,4	11/5/2024	11/6/2024	\$ 1,338.16	may-24	31
Energía Regulada	8,664.04	48,72	11/4/2024	11/5/2024	\$ 1,269.17	abr-24	30
Energía Regulada	8,184.96	56,84	12/3/2024	11/4/2024	\$ 1,198.99	mar-24	30
Energía Regulada	8,055.04	48,72	10/2/2024	12/3/2024	\$ 1,179.96	feb-24	31
Energía Regulada	6,885.76	37,35	11/1/2024	10/2/2024	\$ 1,008.67	ene-24	30
Energía Regulada	6,439.16	40,6	12/12/2023	11/1/2024	\$ 943.25	dic-23	30
Energía Regulada	8,785.84	52,78	11/11/2023	12/12/2023	\$ 1,287.01	nov-23	31
Energía Regulada	7,454.16	49,53	12/10/2023	11/11/2023	\$ 1,091.94	oct-23	30
Energía Regulada	7,915.38	64,15	12/9/2023	12/10/2023	\$ 1,159.50	sep-23	30
Energía Regulada	8,746.86	58,46	12/8/2023	12/9/2023	\$ 1,281.30	ago-23	31
Energía Regulada	8,347.36	58,46	12/7/2023	12/8/2023	\$ 1,222.78	jul-23	31

Tabla 32: Resumen de datos para los EnPIs de Luminarias y EE. Fuente: Propia.

Consumo de luminarias y EE (kWh)	MES	Luminarias y EE de kWh/m2	KWh/per	Costos	Costo/m2	LyEE Costo/per	Impacto ambiental kg de CO2	Luminarias y EE. kg de CO2/m2	Luminarias y EE. kg de CO2/per
6,688.00	jun-24	12.96	95.54	\$ 979.71	\$ 1.90	\$ 14.00	934.31	1.810	13.347
7,800.00	may-24	15.11	111.43	\$ 1,142.60	\$ 2.21	\$ 16.32	1,089.66	2.111	15.567
8,152.00	abr-24	15.79	116.46	\$ 1,194.16	\$ 2.31	\$ 17.06	1,138.83	2.206	16.269
7,848.00	mar-24	15.21	112.11	\$ 1,149.63	\$ 2.23	\$ 16.42	1,096.37	2.124	15.662
7,960.00	feb-24	15.42	113.71	\$ 1,166.04	\$ 2.26	\$ 16.66	1,112.01	2.154	15.886
7,552.00	ene-24	14.63	107.89	\$ 1,106.27	\$ 2.14	\$ 15.80	1,055.01	2.044	15.072
6,416.00	dic-23	12.43	91.66	\$ 939.86	\$ 1.82	\$ 13.43	896.32	1.737	12.805
7,664.00	nov-23	14.85	109.49	\$ 1,122.68	\$ 2.18	\$ 16.04	1,070.66	2.074	15.295
6,896.00	oct-23	13.36	98.51	\$ 1,010.17	\$ 1.96	\$ 14.43	963.37	1.866	13.762
7,744.00	sep-23	15.00	110.63	\$ 1,134.40	\$ 2.20	\$ 16.21	1,081.84	2.096	15.455
8,256.00	ago-23	16.00	117.94	\$ 1,209.40	\$ 2.34	\$ 17.28	1,153.36	2.235	16.477
8,056.00	jul-23	15.61	115.09	\$ 1,180.10	\$ 2.29	\$ 16.86	1,125.42	2.180	16.077

Tabla 33: Resumen de datos para los EnPIs de A/A. Fuente: Propia.

Consumo de A/A (KWh)	MES	A/A de kWh/m2	KWh/per	Costos	Costo/m2	A/A Costo/per	Impacto ambiental kg de CO2	sistema de A/A kg de CO2/m2	Sistema de A/A kg de CO2/per
7,502.88	jun-24	14.54	107.18	\$ 1,050.40	\$ 2.04	\$ 15.01	1,048.15	2.03	14.97
9,135.00	may-24	17.70	130.50	\$ 1,278.90	\$ 2.48	\$ 18.27	1,276.16	2.47	18.23
8,664.04	abr-24	16.79	123.77	\$ 1,212.97	\$ 2.35	\$ 17.33	1,210.37	2.35	17.29
8,184.96	mar-24	15.86	116.93	\$ 1,145.89	\$ 2.22	\$ 16.37	1,143.44	2.22	16.33
8,055.04	feb-24	15.61	115.07	\$ 1,127.71	\$ 2.18	\$ 16.11	1,125.29	2.18	16.08
6,885.76	ene-24	13.34	98.37	\$ 964.01	\$ 1.87	\$ 13.77	961.94	1.86	13.74
6,439.16	dic-23	12.48	91.99	\$ 901.48	\$ 1.75	\$ 12.88	899.55	1.74	12.85
8,785.84	nov-23	17.02	125.51	\$ 1,230.02	\$ 2.38	\$ 17.57	1,227.38	2.38	17.53
7,454.16	oct-23	14.44	106.49	\$ 1,043.58	\$ 2.02	\$ 14.91	1,041.35	2.02	14.88
7,915.38	sep-23	15.34	113.08	\$ 1,108.15	\$ 2.15	\$ 15.83	1,105.78	2.14	15.80
8,746.86	ago-23	16.95	124.96	\$ 1,224.56	\$ 2.37	\$ 17.49	1,221.94	2.37	17.46
8,347.36	jul-23	16.17	119.25	\$ 1,168.63	\$ 2.26	\$ 16.69	1,166.13	2.26	16.66

I. PEQUEÑAS DEMANDAS (0 < kW ≤ 10)

BAJA TENSION

a) Tarifa Residencial para consumos menores de 99 kWh/mes - BT

Bloque 1: Primeros 99 kWh/mes									
	CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO	
Cargo de Comercialización:									
Cargo Fijo	US\$/Usuario-m	0.837715	0.979692	0.759466	0.891345	0.792871	1.581505	0.867936	0.995852
Cargo de Energía:									
Cargo Variable	US\$/kWh	0.147730	0.144115	0.148918	0.147529	0.150946	0.139075	0.150136	0.131043
Cargo de Distribución:									
Cargo Variable	US\$/kWh	0.032119	0.051952	0.065141	0.069640	0.081671	0.066055	0.040568	0.039656
Bloque 2: Consumos entre 100 kWh/mes y 199 kWh/mes									
	CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO	
Cargo de Comercialización:									
Cargo Fijo	US\$/Usuario-m	0.837715	0.979692	0.759466	0.891345	0.792871	1.581505	0.867936	0.995852
Cargo de Energía:									
Cargo Variable	US\$/kWh	0.147789	0.143510	0.148318	0.148094	0.150985	0.137275	0.150324	0.130680
Cargo de Distribución:									
Cargo Variable	US\$/kWh	0.036437	0.065378	0.030477	0.037589	0.040471	0.117081	0.035955	0.043405
Bloque 3: Consumos mayores o iguales a 200 kWh/mes									
	CAESS	DELSUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO	
Cargo de Comercialización:									
Cargo Fijo	US\$/Usuario-m	0.837715	0.979692	0.759466	0.891345	0.792871	1.581505	0.867936	0.995852
Cargo de Energía:									
Cargo Variable	US\$/kWh	0.146487	0.142718	0.147499	0.147708	0.150283	0.137555	0.150324	0.130355
Cargo de Distribución:									
Cargo Variable	US\$/kWh	0.048087	0.080377	0.090206	0.085280	0.091716	0.137529	0.037964	0.045186

Figura 48: Pliego tarifario Para baja tensión de 2022

Tabla 34: Resumen de datos de luminarias existente y su consumo. Fuente: Propia

SISTEMA DE ILUMINACIÓN						
Tipo	Tecnología	Cantidad	Potencia (W)	Operación (h)	Operación h al año	Consumo (kWh) al año
Colgante bajo pérgola	Fluorescente	18	60	9	2205	2,381.40
Panel 2x2	Led	30	40	24	5880	7,056.00
Ojo de buey	Led	146	5	24	5880	4,292.40
Colgante con foco fluorescente	Fluorescente	2	65	9	2205	286.65
Spot	Fluorescente	33	65	9	2205	4,729.73
Tubo	Fluorescente	10	32	9	2205	705.60
		<b>TOTAL</b>				<b>19,451.78</b>

Tabla 35: Resumen de datos de equipo eléctrico existente y su consumo. Fuente: Propia

INVENTARIO DE ELECTRODOMÉSTICOS							
Equipo	Cantidad	Marca	Modelo	Potencia (W)	uso (h)	consumo (kWh)	consumo (kWh) al año
Refrigerador-Congelador	1	LG	GT40WDC	800	24	19.20	7,008.00
Horno microondas	2	Whirlpool	WM1807W	700	3	2.1	1,029.00
Percolador de 45 tazas (cafetera)	2	Oster	BVSTDC3392	1000	4	4.0	1,960.00
pantallas TV	2			60	9		264.60
				<b>TOTAL</b>			10,261.60

Tabla 36: Resumen de datos de equipo eléctrico de oficina existente y su consumo. Fuente: Propia

EQUIPO DE OFICINA					
Equipo	Cantidad	Marca	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	Consumo (kWh) al año
Pc de oficina	70		500	9	77,175.00
impresora	2	Lexmark	630	6	1,852.20
				<b>TOTAL</b>	79,027.20

Tabla 37: Resumen de datos de equipo de climatización existente y su consumo. Fuente: Propia

SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO									
Tipo	Marca	Capacidad de BTU	Capacidad (BTU/hr)	Potencia (kW)	EER* (BTU/W*h)	Refrigerante		Operación (h)	Consumo (kWh) al año
						Tipo	Cantidad		
Central	York	60000	60000	7.7	2,6	R-410A	1	10	18,865.00
Central	York	60000	60000	7.7	2,6	R-410A	1	10	18,865.00
Central	York	60000	60000	7.7	2,6	R-410A	1	10	18,865.00
Central	York	60000	60000	7.7	2,6	R-410A	1	10	18,865.00
Central	York	48000	48000	6.25	2,6	R-410A	1	10	15,312.50
Central	York	60000	60000	7.7	2,6	R-410A	1	10	18,865.00
Mini Split	Lenox	12000		1.125			1	10	2,756.25
							<b>TOTAL</b>		112,393.75

Tabla 38: Resumen de distribución de luminarias para EnPIs. Fuente: Propia

Ubicación	Tipo	Tecnología	Cantidad	Potencia (W)	Área (m2)	W/m2	W/m2 Total
Sala de reunión grande	colgante, con foco fluorescente	fluorescente	2	65	18.05	7.20	8.86
	Ojo de buey	led	6	5		1.66	
Baño de mujeres	Ojo de buey	led	9	5	13.90	3.24	3.24
Bodega	Ojo de buey	led	2	5	3.44	2.91	2.91
Cuarto eléctrico	Ojo de buey	led	2	5	7.94	1.26	1.26
Baño de hombres	Ojo de buey	led	9	5	13.90	3.24	3.24
Oficinas generales	Panel 2x2	led	4	40	34.04	4.70	7.05
	Ojo de buey	led	16	5		2.35	
Sala de reunión pequeña	Panel 2x2	led	1	40	8.51	4.70	7.05
	Ojo de buey	led	4	5		2.35	
Área de impresora 2	Ojo de buey	led	1	5	1.96	2.55	2.55
Puestos no fijos	Ojo de buey	led	4	5	8.16	2.45	2.45
Área de impresora 2	Ojo de buey	led	1	5	2.88	1.74	1.74
Cabina telefónica	Ojo de buey	led	1	5	2.4	2.08	2.08
Área vacía		0	0	0	1.08	0.00	0.00
Jefaturas	Panel 2x2	led	4	40	48.88	3.27	5.01
	Ojo de buey	led	17	5		1.74	
Puestos de trabajo, cubículos	Panel 2x2	led	21	40	290.35	2.89	3.96
	Ojo de buey	led	62	5		1.07	
Vestíbulo	Ojo de buey	led	4	5	23.9	0.84	0.84
Cafetería	Ojo de buey	led	8	5	36.75	1.09	30.48
	colgante bajo pérgola	led	18	60		29.39	
<b>TOTAL</b>					<b>516.14</b>	<b>82.71</b>	<b>82.71</b>

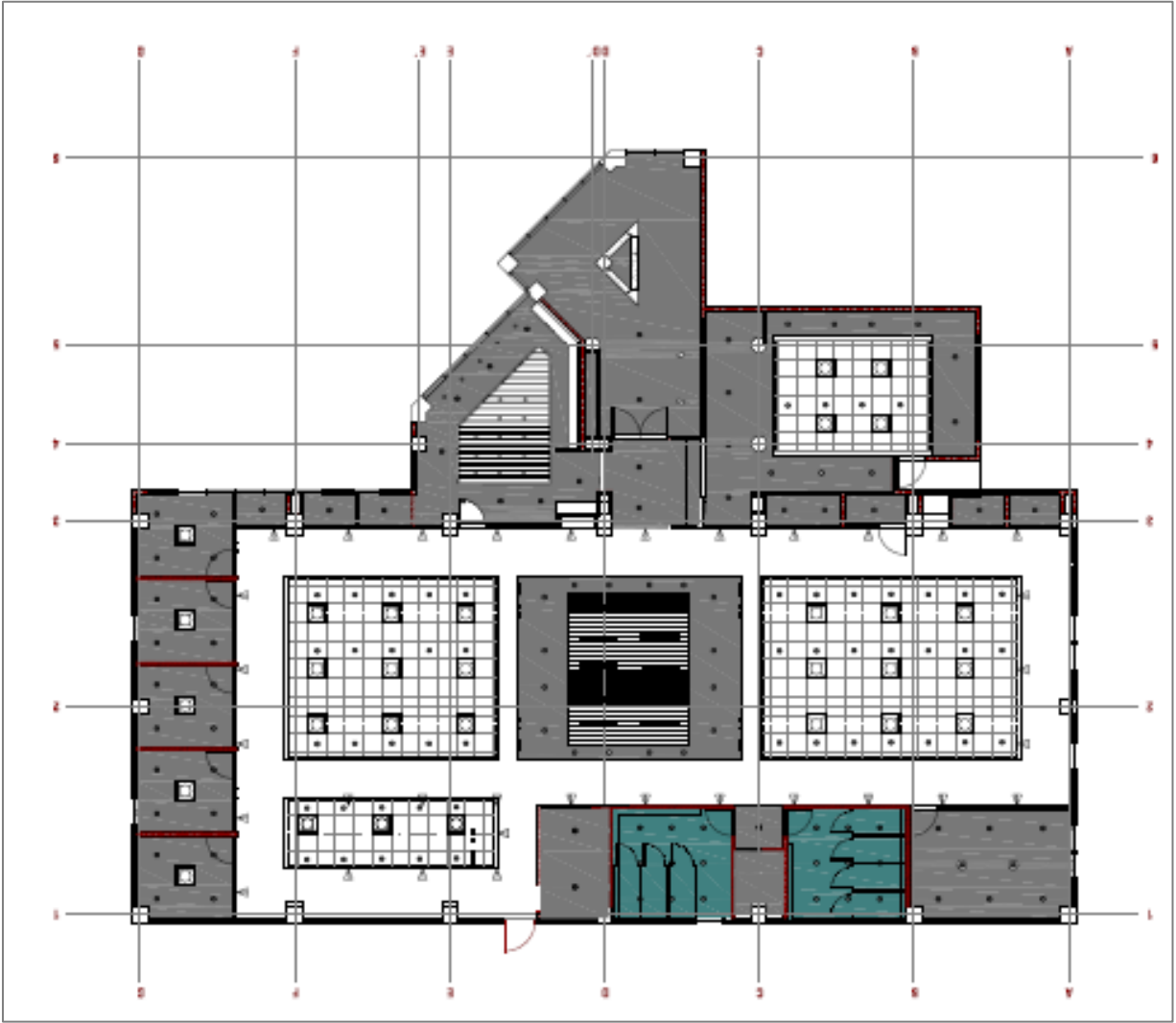


Figura 49: Distribución de luminarias. Fuente: plano de empresa distribuidora.

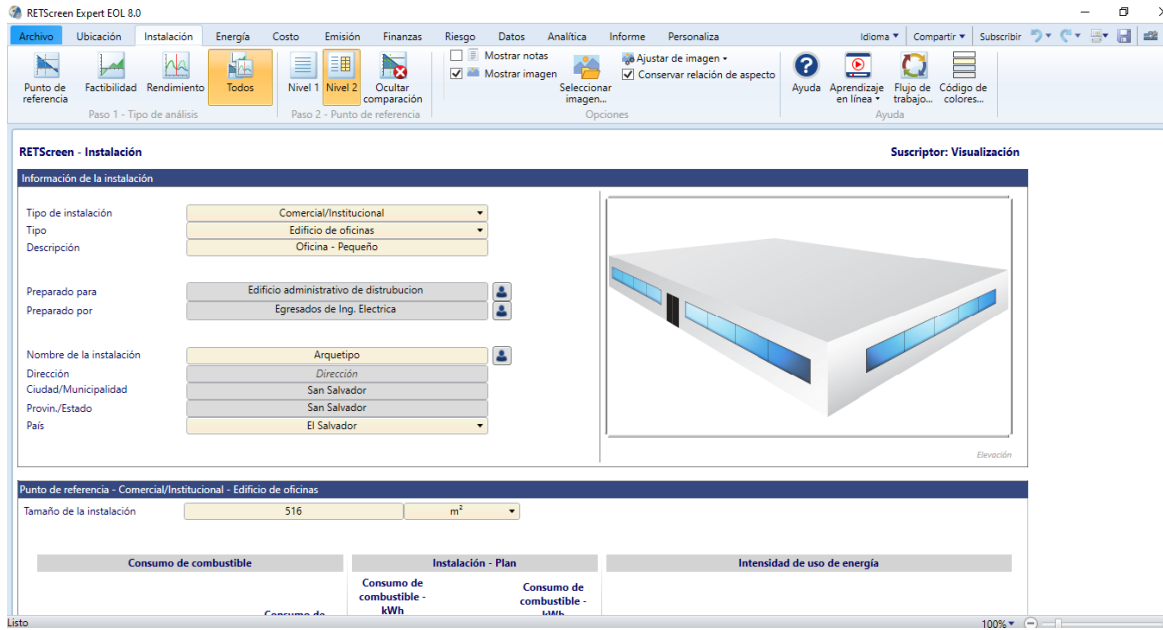


Figura 50: Estudio de Benchmark en RETScreen Expert. Fuente: Propio

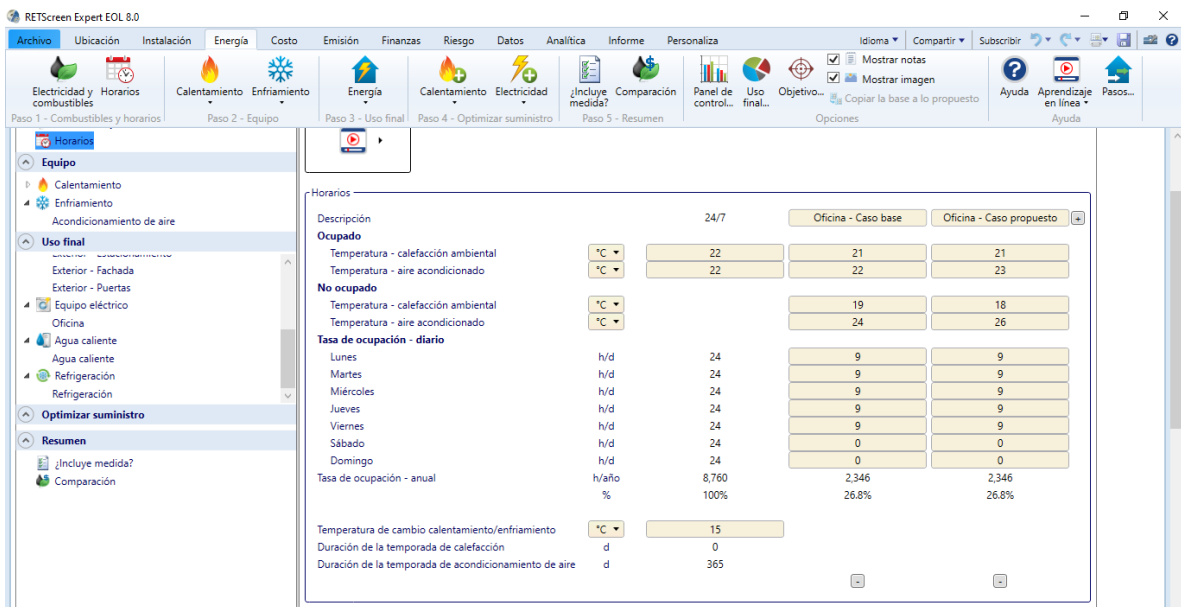


Figura 51: Introducción de datos de energía para análisis de factibilidad. Fuente: Propio

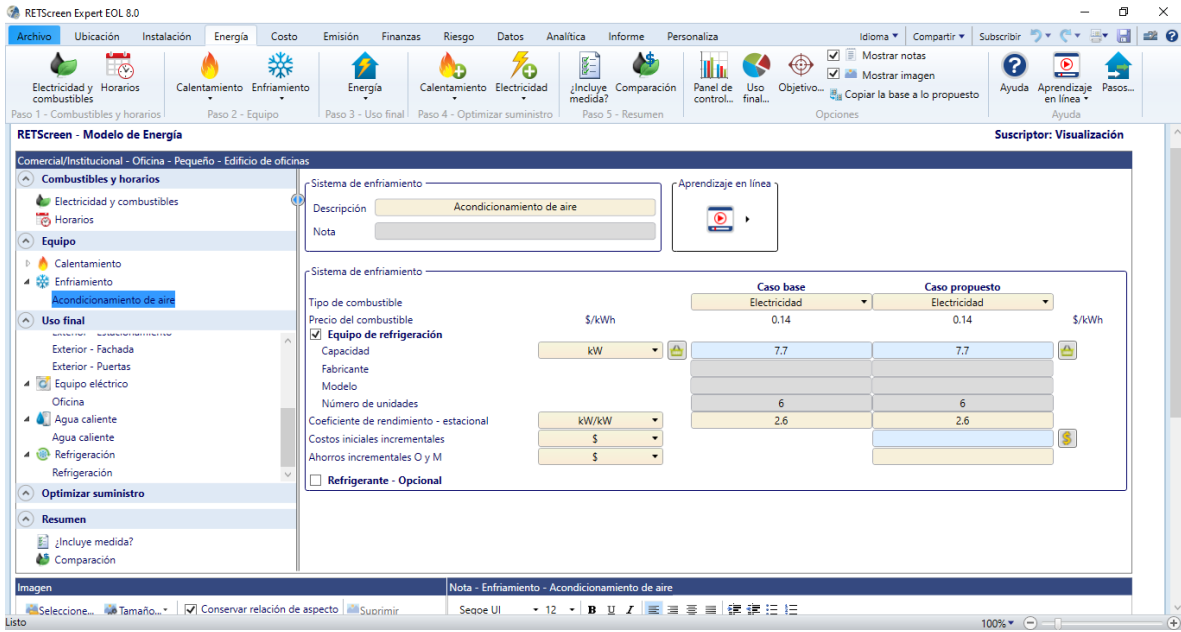


Figura 52: Introducción de datos de energía para análisis de factibilidad (2). Fuente: Propio

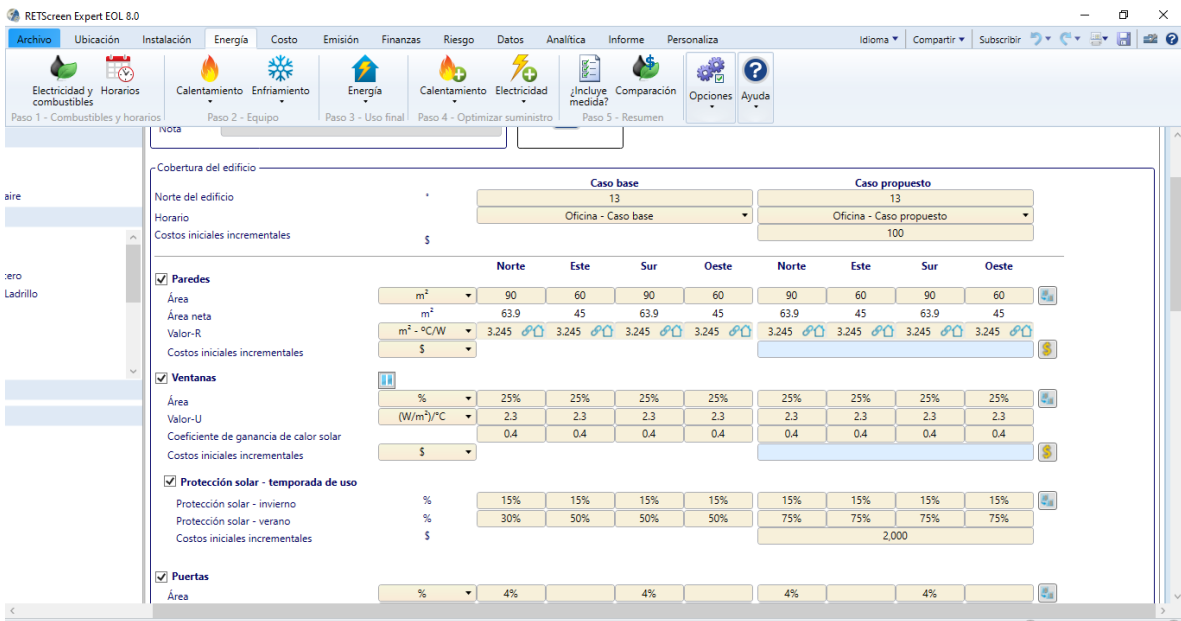


Figura 53: Introducción de datos de energía para análisis de factibilidad (3). Fuente: Propio

RETScreen Expert EOL 8.0

Archivo Ubicación Instalación Energía Costo Emisión Finanzas Riesgo Datos Analítica Informe Personaliza Idioma Compartir Suscribirse

Electricidad y combustibles Horarios Calentamiento Enfriamiento Energía Calentamiento Electricidad Incluye medida? Comparación Opciones Ayuda

Paso 1 - Combustibles y horarios Paso 2 - Equipo Paso 3 - Uso final Paso 4 - Optimizar suministro Paso 5 - Resumen

Puertas

Área	%	4%	4%	4%	4%
Valor-U	(W/m <sup>2</sup> )/°C	0.35	0.35	0.35	0.35
Costos iniciales incrementales	\$				

Techo

Área	m <sup>2</sup>	600	600
Valor-R	m <sup>2</sup> · °C/W	5.6936	5.6936
Costos iniciales incrementales	\$		

Tragaluz

Piso

Pared - bajo el nivel del suelo

Piso - bajo el nivel del suelo

Perímetro expuesto	m	100	100
Descripción		Aislado / sobre el nivel del suelo	Aislado / sobre el nivel del suelo
Valor-R	m <sup>2</sup> · °C/W	1.6129	1.6129
Costos iniciales incrementales	\$		

**Infiltración de aire natural**

Método	Tasa de cambio de aire		
Volumen	m <sup>3</sup>	1,800	1,800
Tasa de cambio de aire	ca/h	0.3	0.15
Infiltración de aire natural	L/s	150	75
Costos iniciales incrementales	\$		1,750

Figura 54: Introducción de datos de energía para análisis de factibilidad (4). Fuente: Propio

RETScreen Expert EOL 8.0

Archivo Ubicación Instalación Energía Costo Emisión Finanzas Riesgo Datos Analítica Informe Personaliza Idioma Compartir Suscribirse

Electricidad y combustibles Horarios Calentamiento Enfriamiento Energía Calentamiento Electricidad Incluye medida? Comparación Opciones Ayuda

Paso 1 - Combustibles y horarios Paso 2 - Equipo Paso 3 - Uso final Paso 4 - Optimizar suministro Paso 5 - Resumen

Perímetro expuesto

Descripción		Aislado / sobre el nivel del suelo	Aislado / sobre el nivel del suelo
Valor-R	m <sup>2</sup> · °C/W	1.6129	1.6129
Costos iniciales incrementales	\$		

**Infiltración de aire natural**

Método	Tasa de cambio de aire		
Volumen	m <sup>3</sup>	1,800	1,800
Tasa de cambio de aire	ca/h	0.3	0.15
Infiltración de aire natural	L/s	150	75
Costos iniciales incrementales	\$		1,750

Costos iniciales incrementales - total \$ 3,850

Ahorros incrementales O y M \$

Número de unidades de cobertura del edificio 1 1

Selección de sistema Calefacción y Enfriamiento Calefacción y Enfriamiento

Sistema de producción de calor Demanda de calefacción del espacio Demanda de calefacción del espacio

Demanda de calor kWh 0 0

Sistema de enfriamiento Acondicionamiento de aire Acondicionamiento de aire

Demanda de enfriamiento kWh 61,627 39,154 22,473 36.5%

Nota - Cobertura del edificio - Oficina

Conservar relación de aspecto Suprimir Segoe UI 12

Figura 55: Introducción de datos de energía para análisis de factibilidad (5). Fuente: Propio

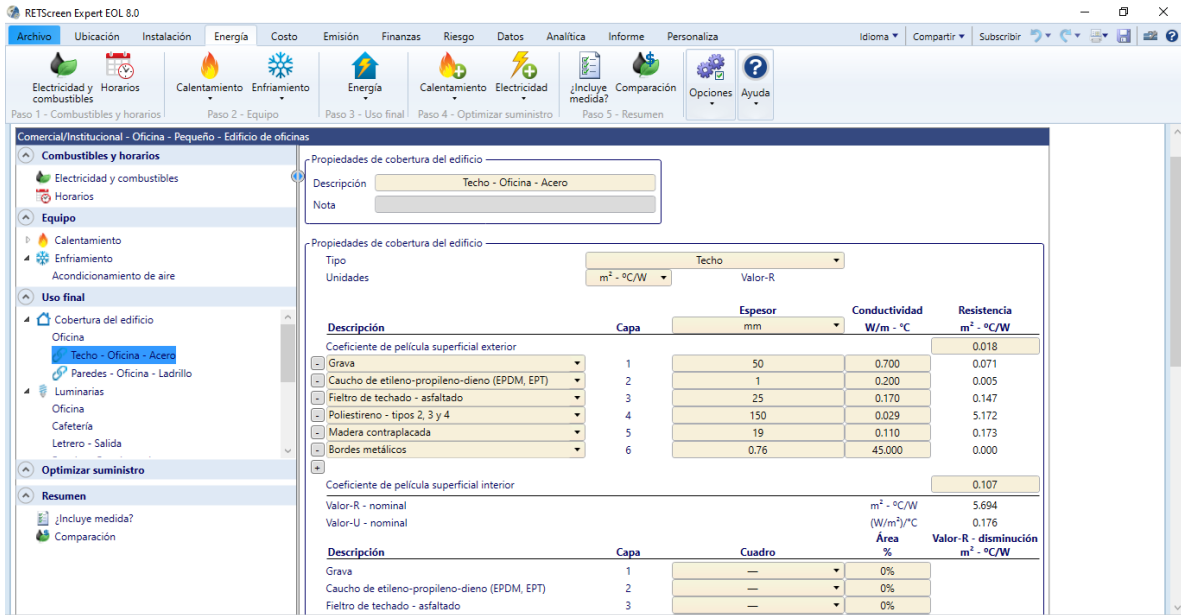


Figura 56: Introducción de datos de energía para análisis de factibilidad (6). Fuente: Propio

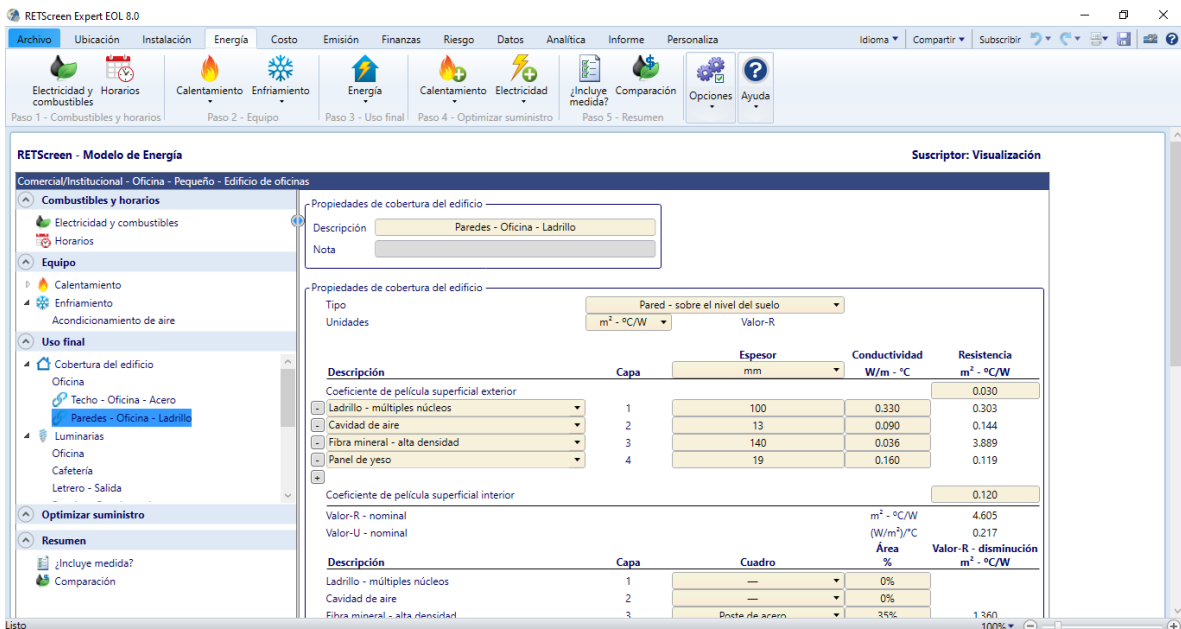


Figura 57: Introducción de datos de energía para análisis de factibilidad (7). Fuente: Propio

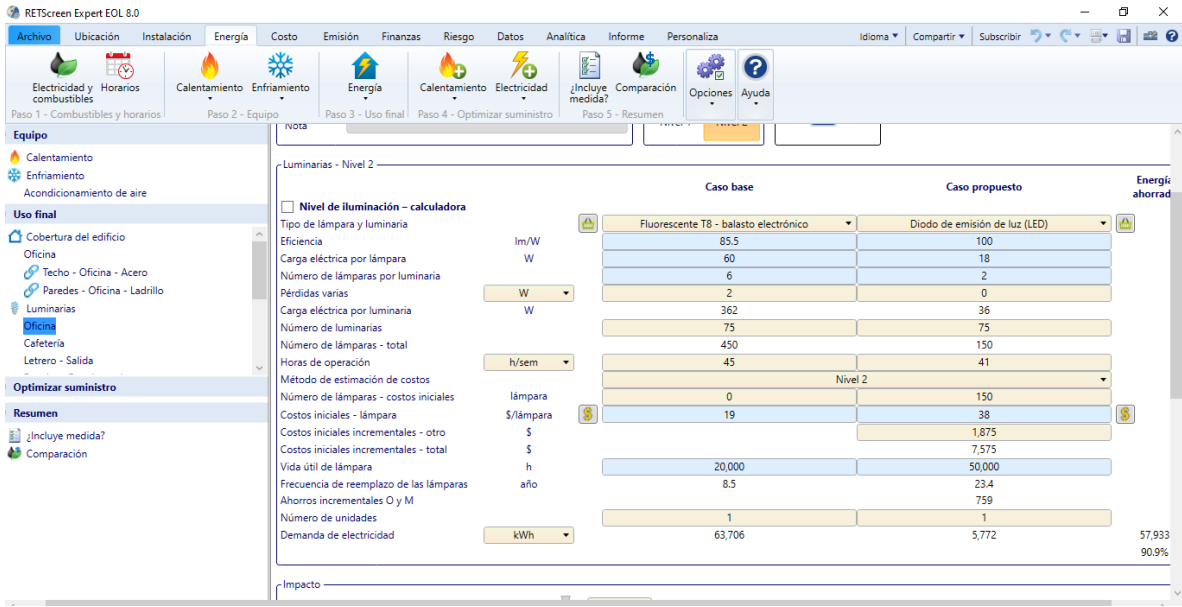


Figura 58: Introducción de datos de energía para análisis de factibilidad (8). Fuente: Propio

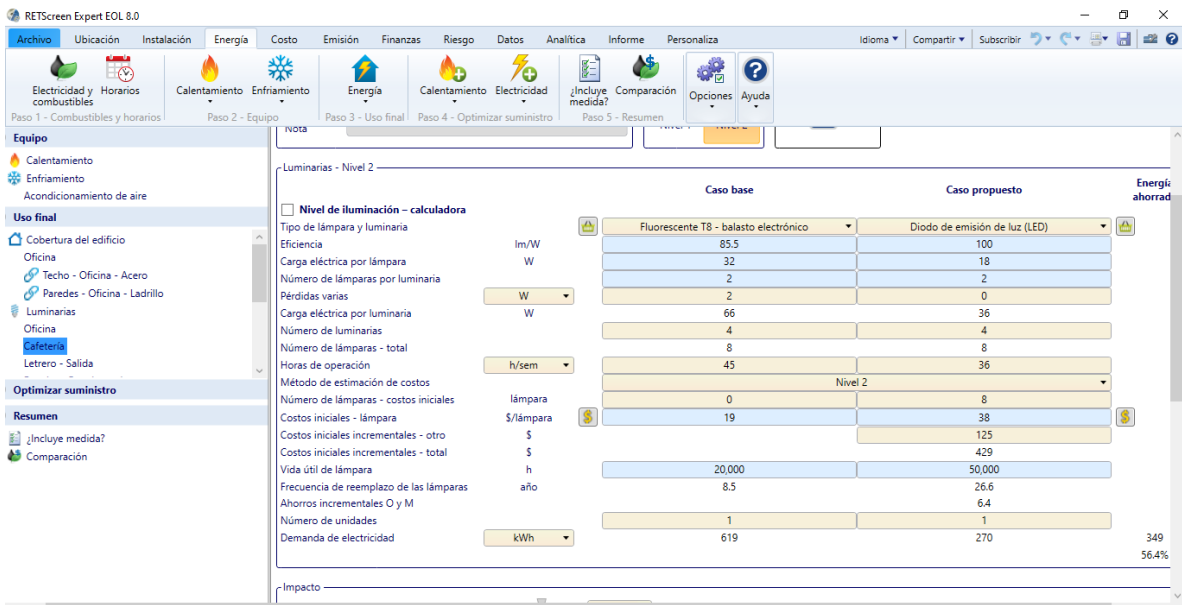


Figura 59: Introducción de datos de energía para análisis de factibilidad (9). Fuente: Propio

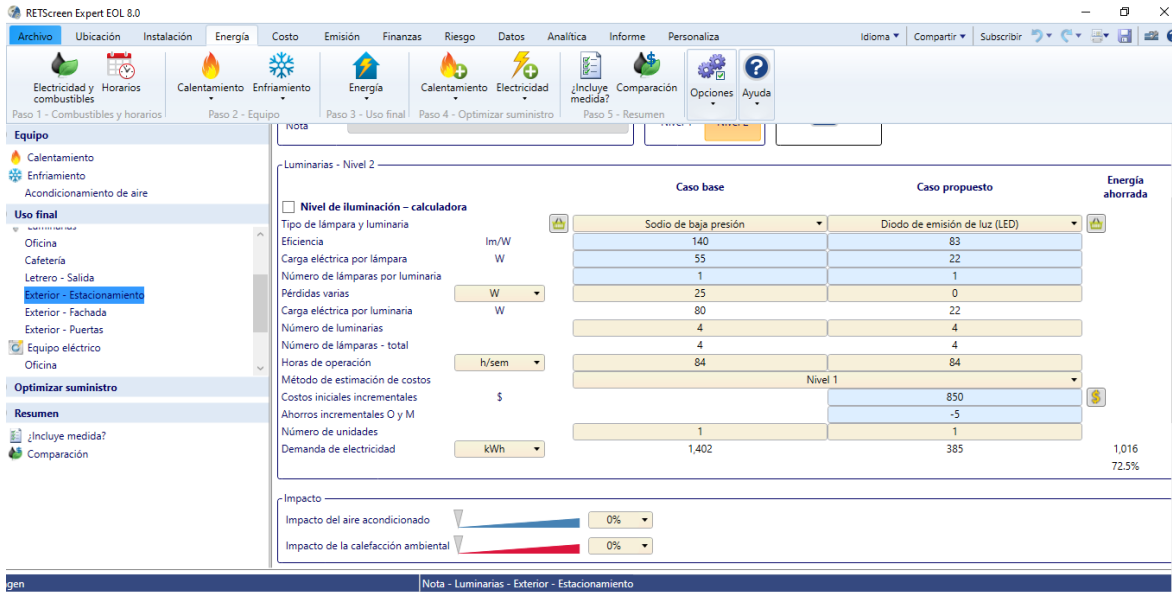


Figura 60: Introducción de datos de energía para análisis de factibilidad (10). Fuente: Propio

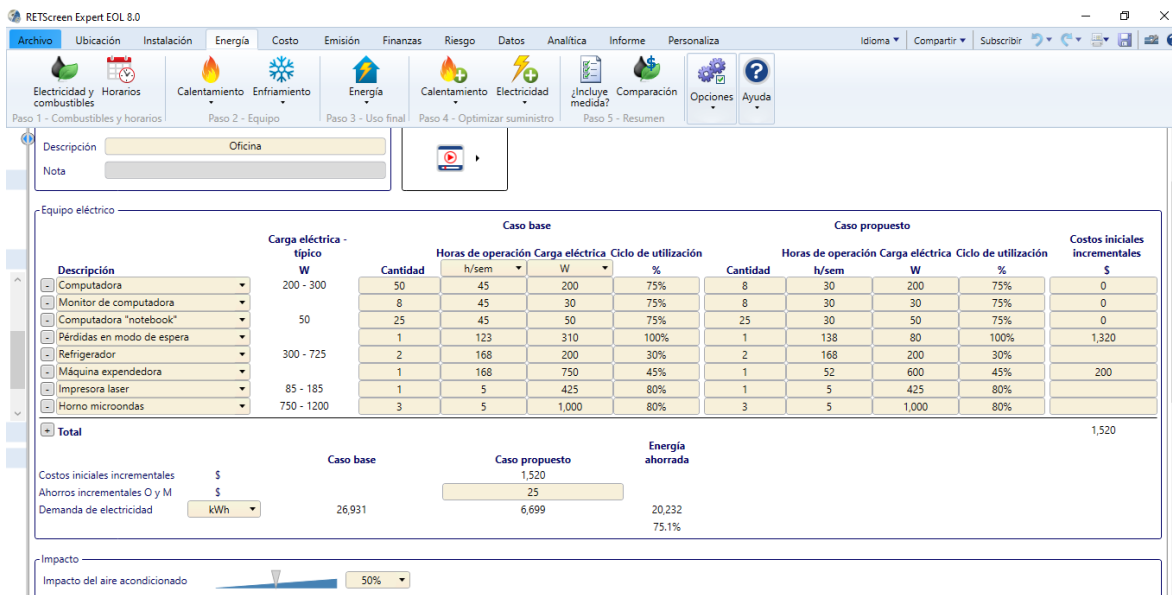


Figura 61: Introducción de datos de energía para análisis de factibilidad (11). Fuente: Propio