

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

“REVISIÓN ENERGÉTICA Y ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE CO₂ EN UN EDIFICIO COMERCIAL CON BASE EN LA NORMA NTE INEN-ISO 50001:2012 Y LA NORMA NTE INEN-ISO 14064-1:2010, RESPECTIVAMENTE”

Realizado por:

ROBERT LENIN ACOSTA GUEVARA

Director del proyecto:

MSc. Rodolfo Rubio Aguiar

Como requisito para la obtención del título de:

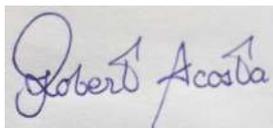
**MAESTRIA EN ECOEFICIENCIA
INDUSTRIAL**

Quito, 08 octubre de 2020

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, ROBERT LENIN ACOSTA GUEVARA, con cédula de identidad # 171331771-5, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink that reads "Robert Acosta".

ROBERT ACOSTA

171331771-5

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

“REVISIÓN ENERGÉTICA Y ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE CO₂ EN UN EDIFICIO COMERCIAL CON BASE EN LA NORMA NTE INEN-ISO 50001:2012 Y LA NORMA NTE INEN-ISO 14064-1:2010, RESPECTIVAMENTE”

Realizado por:

ROBERT LENIN ACOSTA GUEVARA

como Requisito para la Obtención del Título de:

MAESTRIA EN ECOEFICIENCIA INDUSTRIAL

ha sido dirigido por el profesor

MSc. RODOLFO RUBIO AGUIAR

quien considera que constituye un trabajo original de su autor



MSc. Rodolfo Rubio Aguiar

DIRECTOR

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

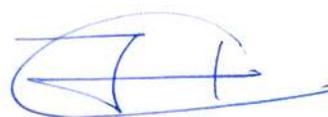
PhD. EDILBERTO LLANES

PhD. JESÚS LÓPEZ

Después de revisar el trabajo presentado,
lo han calificado como apto para su defensa oral ante
el tribunal examinador



PhD. Edilberto Llanes



PhD. Jesús López

Quito, 08 de octubre de 2020

DEDICATORIA

A las Amé's

AGRADECIMIENTO

Al cuerpo docente de la facultad por sus conocimientos y guía académica.

Para someter a:

To be submitted:

REVISIÓN ENERGÉTICA Y ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE CO₂ EN UN EDIFICIO
COMERCIAL CON BASE EN LA NORMA NTE INEN-ISO 50001:2012 Y LA NORMA NTE
INEN-ISO 14064-1:2010, RESPECTIVAMENTE

Robert Acosta¹, Rodolfo Rubio²

¹ Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales, Quito,

Ecuador. Email: robert_acosta@hotmail.com

² Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales, Quito,

Ecuador. Email: rodolfo.rubio@uisek.edu.ec

Autor de correspondencia: MSc. Rodolfo Rubio

Título corto o Running title: Revisión energética en un edificio comercial

Resumen.

El presente trabajo de investigación tiene como fin el realizar una revisión energética de un edificio comercial y análisis de las emisiones de CO₂ aplicando las normas ISO 50001 e ISO 14064-1, y encontrar oportunidades para un mejor desempeño energético.

Para el diagnóstico energético se extrajo la información de las facturas de consumo de energía eléctrica correspondientes al período de enero 2018 a diciembre 2019. Se realizó un reconocimiento de las instalaciones del edificio para conocer las condiciones arquitectónicas y de operación de este. Mediante el levantamiento de cargas se determinó los puntos clave para recolectar datos de consumo de energía. Y con la ayuda del diagrama de Pareto se identificó que los mayores consumidores energéticos están dados por el centro de datos con el 29%, seguido de los equipos ofimáticos con un 22% y el sistema de iluminación con un 14%. Así como los valores calculados para el año 2019 de los identificadores de desempeño energético implementados 71.69 kWh / m² año y 36.85 kg CO₂ / m² año

Para el cálculo de las emisiones de carbono se aplicó la metodología de la norma NTE INEN-ISO 14064-1:2010, obteniendo como resultados en el Alcance I (generador a diésel) un total de 3.77 t CO₂, y en el Alcance II (consumo de energía eléctrica) un total de 245 t CO₂ en el año 2019.

Finalmente, una vez con los resultados obtenidos se proponen una serie de medidas encaminadas a mejorar el rendimiento energético sin afectar el confort y la seguridad de los usuarios del edificio en cuestión.

Palabras clave: revisión energética, huella de carbono, edificio comercial, ISO 50001

Abstract.

The purpose of this research work is to carry out an energy review of a commercial building and analysis of CO₂ emissions applying the ISO 50001 and ISO 14064-1 standards, and to find opportunities for better energy performance.

For the energy diagnosis, the information was extracted from the electricity consumption bills corresponding to the period from January 2018 to December 2019. A survey of the building's facilities was carried out to know the architectural and operating conditions of the building. Through the lifting of loads, the key points to collect energy consumption data were determined. And with the help of the Pareto diagram, it was identified that the largest energy consumers are given by the data center with 29%, followed by office equipment with 22% and the lighting system with 14%. As well as the values of the energy performance identifiers implemented 71.69 kWh / m² year and 36.85 kg CO₂ / m² year.

For the calculation of carbon emissions the methodology of the NTE INEN-ISO 14064-1: 2010 standard was applied, obtaining as results in Scope I (diesel generator) a total of 3.77 t CO₂, and in Scope II (electricity consumption) a total of 245 t CO₂ in 2019.

Finally, once with the results obtained, a series of measures are proposed aimed at improving energy performance without affecting the comfort and safety of the users of the building in question.

Keywords: energy review, carbon footprint, commercial building, ISO 50001

INTRODUCCION

A inicios de la presente década nuestro planeta se enfrenta a una serie de crisis severas que requieren de un cambio profundo, siendo la situación energética uno de los temas que merece una atención inmediata. Por lo que nuestro país no puede desvincularse de lo que ocurre en el resto del mundo, tanto en el crecimiento del consumo de energía como con la consecuente emisión de gases de efecto invernadero (GEI).

A pesar del crecimiento de las energías renovables en los últimos años, los combustibles fósiles – petróleo, carbón y gas natural – con una participación de más del 80% en 2017 siguen siendo las fuentes predominantes para satisfacer la demanda mundial de energía, la cual tuvo un incremento del 2.1% con respecto al ejercicio anterior. Como consecuencia de este panorama, hubo un aumento en 1.31 % de las emisiones mundiales de CO₂ relacionadas con la energía, llegando a un máximo de 32.84 Gt (International Energy Agency, 2018).

El sector de la edificación requiere cuantiosas cantidades de energía para su funcionamiento. Por ejemplo, en los EE.UU. los sectores residencial y comercial utilizan más del 30% de la energía final de la región y más del 60% del consumo nacional de electricidad (Álvarez-Guerra et al., 2014). En la Unión Europea los edificios representan un 40% del consumo total de energía (El Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea, 2018). Además, se estima que dicho sector a nivel mundial contribuye con el 30% de las emisiones globales de CO₂ (Ganesh et al., 2020).

Concretamente el sector terciario, dentro del cual destacan los edificios de oficinas y comercio, representa el 11.23% del uso final de la energía en la Unión Europea (Álvarez Pelegry & Mosácula Atienza, 2013). Al ser un sector que se encuentra en crecimiento, previsiblemente hará aumentar el consumo de energía. De ahí, la necesidad de implementar medidas de eficiencia energética que permitan la reducción del consumo de energía y de las emisiones de gases de efecto invernadero (International Energy Agency, 2017).

En el Ecuador, de acuerdo con el Balance Energético Nacional 2017, el consumo de energía alcanzó los 111.1 miles de kBEP, en donde el sector Comercial o Terciario representó el 6.3% del consumo energético total y el 21.1% del consumo de energía eléctrica, equivalente a 4.965 GWh (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2017).

Por consiguiente, se puede apreciar que los edificios comerciales tienen gran incidencia en el consumo de energía de los países, debido a la cantidad de horas de trabajo al día y el uso constante de aparatos eléctricos, iluminación y sistemas de climatización requeridos para la realización de sus actividades. Por lo que en todos los países existe un enorme potencial de ahorro, así por ejemplo en España de acuerdo a datos obtenidos de auditorías y diagnósticos energéticos se estima que el 56% de las empresas del sector terciario presentan un potencial de ahorro superior al 20% de su consumo energético, destacando el subsector de Oficinas en el que el porcentaje con dichas condiciones sube al 59% (Endesa, 2017).

La eficiencia energética de un edificio se determina partiendo de la cantidad, calculada o real, de energía consumida anualmente para satisfacer las distintas necesidades en condiciones normales de uso y ocupación. Dicha magnitud se expresa en forma cuantitativa mediante indicadores que proporcionen información útil sobre los aspectos para tener en cuenta a la hora de proponer recomendaciones que mejoren el comportamiento energético del edificio (IDAE, 2015). En el sector comercial debido a la dificultad de medir la cantidad de servicios realizados, los indicadores de desempeño energético principales que se utilizan se basan en relacionar el consumo de energía o de emisiones con otra unidad medible como es la superficie del edificio en el que se realiza la actividad. Estos indicadores, en base anual y referidos a la unidad de superficie útil del edificio, son: consumo anual de energía primaria (kWh/m^2 año) y las emisiones anuales de CO_2 ($\text{kg CO}_2/\text{m}^2$ año) (Iribarren Robledo, 2018).

Existen una serie de oportunidades que se pueden identificar para la mejora del desempeño energético en los edificios. Dentro de estas oportunidades están las que no conllevan

gasto alguno (cambio de hábito de usuarios, cambio de prácticas de operación y mantenimiento), las que requieren montos acotados (implementación de sistemas de control), hasta las que requieren inversiones significativas (cambios tecnológicos o sustitución de equipos) (Agencia Chilena de Eficiencia Energética, 2017). En este punto cabe resaltar que sólo el cambio en el comportamiento de los usuarios de los edificios tiene un potencial de ahorro de energía entre un 5 y un 20% (European Environment Agency, 2013).

La identificación de estas oportunidades de mejora del desempeño energético se lo realiza a través de la revisión energética, la cual es una de las herramientas más importante que utiliza la ISO 50001 en su etapa de planificación. Se caracteriza por ser un proceso sistemático que posibilita el estudio detallado y exhaustivo de los procesos productivos y más concretamente de los principales equipos consumidores de energía. Con ello se podrá conocer el consumo de energía de las instalaciones, identificar las áreas de uso de energía e identificar y evaluar el ahorro energético en función de su rentabilidad económica (Rey et al., 2020).

La edificación en estudio se encuentra ubicada en el centro financiero de Quito. La responsabilidad ambiental empresarial es un aspecto clave y claramente destacado entre el conjunto de responsabilidades sociales que tiene la compañía, de ahí el compromiso de implementar medidas enfocadas hacia la sostenibilidad y gestión de la energía con relación a la preservación y cuidado del medio ambiente. Con referencia a la energía se plantea como objetivo para el presente año su reducción en un 30% a través de la implementación de programas de eficiencia energética (revisión de puntos de ajuste, revisiones de tiempo de arranque / apagado, entre otros), identificación de oportunidades de inversión en equipamiento para un mejor desempeño energético (cambio de luminarias, sensores de movimiento, etc.) y el uso de energías alternativas renovables. Y en lo que respecta a las emisiones de carbono el objetivo planteado es la reducción en un 35%

HIPÓTESIS

La revisión del consumo de energía en el edificio comercial permitirá encontrar oportunidades para mejorar el desempeño energético y la reducción de las emisiones de CO₂.

OBJETIVOS

Objetivo General

Realizar un análisis y diagnóstico energético de la demanda del edificio de estudio para así generar resultados como medidas a accionar para contribuir con el ahorro energético y la reducción de las emisiones de CO₂.

Objetivos Específicos

- Determinar la línea base del consumo de energía en el periodo enero 2018 a diciembre 2019 y establecer indicadores de energía que permitan evaluar el desempeño energético del edificio.
- Identificar las instalaciones, equipamientos, sistemas, procesos y personas que trabajan y afectan significativamente al uso y al consumo de energía en el caso de estudio.
- Determinar las toneladas de CO₂ equivalentes que se producen por el consumo energético en el edificio a través de la aplicación de la norma NTE INEN-ISO 14064-1:2010.
- Proponer medidas de ahorro energético, inspeccionando y verificando el uso de consumo energético dentro de la empresa, para disminuir el costo por su uso.

MÉTODO

Tipo de investigación

En la presente investigación se utilizarán los siguientes tipos:

Exploratoria. Debido a que se requerirá explorar el campo en donde se realizará la investigación para desarrollar una base de datos que contengan relación directa con el tema y así poder contextualizar las variantes en lo que se refiere una auditoría energética.

Descriptiva. Debido a que se busca encontrar las ventajas de los correctivos a aplicarse en torno a la optimización del uso de recursos energéticos.

Explicativa. Porque se buscará poner en conocimiento sobre la importancia existente sobre la concientización sobre el uso racional de los recursos energéticos, mismo que debe ser documentado y explicado.

Método científico

La metodología por seguir es de tipo analítica, ya que se requiere llevar a cabo cálculos estadísticos y generar los diferentes diagramas para poder realizar los análisis correspondientes de eficiencia energética. También se usará el método observatorio para verificar cuáles son las actuales acciones de eficiencia energética por parte del personal de la empresa y poder realizar las respectivas correcciones de ser el caso.

Área de estudio

El edificio objeto del presente proyecto se encuentra ubicado en la ciudad de Quito.

A continuación se detalla en la tabla 1 las superficies útiles de cada piso:

Tabla 1*Superficie útil del edificio*

Planta	Superficie Útil m²
Subsuelo 3	1185
Subsuelo 2	1001
Subsuelo 1	997
Planta Baja	779
Planta Primera	787
Planta Segunda	997
Planta Tercera	995
Total	6741

Instrumentos de recolección de la información

Para la presente investigación se utilizarán las siguientes técnicas e instrumentos de investigación:

Tabla 2*Técnicas e instrumentos para recolección de información*

Técnicas	Instrumentos
Observación directa	Cuaderno de apuntes, cámara digital
Medición y control	Pinza amperimétrica

Planificación energética en base NTE INEN-ISO 50001:2012

La planificación energética consiste en reunir la información de consumo de energía y analizarla, con el fin de identificar los usos significativos de la energía y las variables que lo afectan. El procedimiento propuesto para su ejecución consta de cuatro etapas y se lo ha diseñado teniendo en cuenta los requerimientos de la NTE INEN-ISO 50001:2012

Etapa I: Revisión energética

La revisión energética es un proceso de identificación de los usos y consumos de energía y sus niveles de eficiencia asociados. Los métodos y estándares utilizados para realizar la revisión

energética deben estar documentados, para lo cual la organización debe:

Paso 1. Obtener y analizar datos de energía

La finalidad de este paso es determinar el uso de la energía y las tendencias, en términos absolutos. Para el cumplimiento de este objetivo se proponen las siguientes tareas:

- Identificar las fuentes de energía actuales.
- Recopilar datos de consumo históricos a nivel general, y si es posible separado para los principales procesos. Para el caso de estudio se extraerá información de las cartillas de consumo de energía eléctrica desde enero 2018 a diciembre 2019 y se realizará el perfil de consumo eléctrico.

Paso 2. Determinar los usos significativos de la energía

Los usos significativos de energía (USEs) son aquéllos que tienen un consumo sustancial de energía y/o que ofrecen un alto potencial de mejora en el desempeño. La finalidad de este paso es establecer dónde se usa la mayor parte de la energía de la organización. Para el cumplimiento de este objetivo se proponen las siguientes tareas:

- Realizar un inventario de los equipos consumidores de energía empleados en la actividad cotidiana de la instalación, así como sus consumos asociados a horarios o tiempo de uso (kWh). La potencia de cada equipo se lo determinará mediante:
 - la lectura de los datos de placa técnica,
 - la lectura de los datos en el manual técnico u hoja de especificaciones, o
 - a través de mediciones in situ
- Establecer una matriz de usos de energía para facilitar el proceso de identificación y evaluación de los usos y consumos energéticos significativos de una organización.
- Establecer la distribución de consumo de energía por usuario energético.

- Usar el diagrama de Pareto para determinar los USEs, el cual aplicado al consumo energético permite identificar el 20% de los sistemas o equipos que producen el 80% consumo de energía.

Paso 3. Identificar oportunidades para la mejora del desempeño energético.

La identificación de las oportunidades de ahorro de energía puede realizarse con información obtenida desde diferentes fuentes, siendo las más comunes las auditorías energéticas, las operaciones de mantenimiento preventivo, comentarios de empresas proveedoras de productos o servicios y las observaciones del personal sobre el rendimiento del sistema o proceso.

Paso 4. Detectar y evaluar oportunidades de mejora de ahorro energético

La identificación de oportunidades de mejora puede realizarse a través de distintos mecanismos, siendo los más comunes las auditorías energéticas, comentarios realizados por empresas proveedoras de productos o servicios y observaciones del personal respecto al desempeño de los sistemas o procesos.

Algunos criterios por utilizar para la priorización de las oportunidades pueden ser:

- Nivel de ahorro energético previsto (y de sus costos asociados)
- Inversión inicial
- Retorno de la inversión y otros criterios económicos usados por la organización
- Facilidad de implementación
- Periodo de implementación
- Impacto en el mantenimiento
- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero

Etapa II: Indicadores de desempeño energético

Los indicadores de desempeño energético (IDE) se utilizan para mantener un control sobre el consumo energético de la empresa y conocer su evolución en el tiempo, además de ayudar en la

toma de decisiones.

Los indicadores planteados para el presente estudio son los siguientes:

- Consumo anual de energía primaria, en kWh por m² de superficie útil del edificio (kWh / m² año).
- Emisiones anuales de CO₂, expresadas en kg por m² de superficie útil del edificio (kg CO₂ / m² año).

Etapa III: Línea de base energética

La línea base energética es una referencia cuantitativa que permite conocer la situación actual del desempeño energético de la organización y sirve como punto de comparación para futuras evaluaciones.

Etapa IV: Objetivos, metas y plan de acción energético.

El objetivo de esta etapa es el de proponer acciones de mejora para el proceso de planificación energética y establecer planes de control para el proceso.

Paso 1. Establecer objetivos y metas energéticas

La mejora del rendimiento energético debe materializarse mediante el establecimiento de objetivos y metas plasmados en el programa energético. Los objetivos y medidas deben ser alcanzables, medibles, y conocidos y asumidos por todos los trabajadores de la organización.

Paso 2. Elaborar planes de acción

Los planes de acción indican las actividades, plazos, responsables implicados y el presupuesto estimado para poder alcanzar los objetivos y metas energéticas, y deben estar en línea con los resultados de la revisión energética. Este plan de acción será actualizado regularmente para reflejar los logros obtenidos, los cambios en la gestión o en las prioridades.

Cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero en base a la norma NTE INEN-ISO 14064-1:2010

Un número creciente de organizaciones intenta controlar e informar voluntariamente sobre las

emisiones de GEI y gestionar mejor su huella de carbono. La norma ISO 14064 proporciona un marco para la contabilidad y verificación de GEI a las organizaciones que buscan cuantificar y reducir las emisiones de GEI. Esta norma consta de 3 partes, y cada una sirve para un propósito específico.

Para el presente estudio se utilizará la primera parte de esta norma, NTE INEN-ISO 14064-1:2010 que especifica los principios y requisitos a nivel de la organización para la cuantificación y notificación de las emisiones y absorciones de GEI. Abarca el diseño, el desarrollo, la gestión, la información y la verificación del inventario de GEI de una organización.

De acuerdo con la norma, las emisiones de GEI se pueden cuantificar mediante tres tipos de categorías (Alcance 1, 2 y 3 según GHG Protocol), como se indica en la siguiente figura:

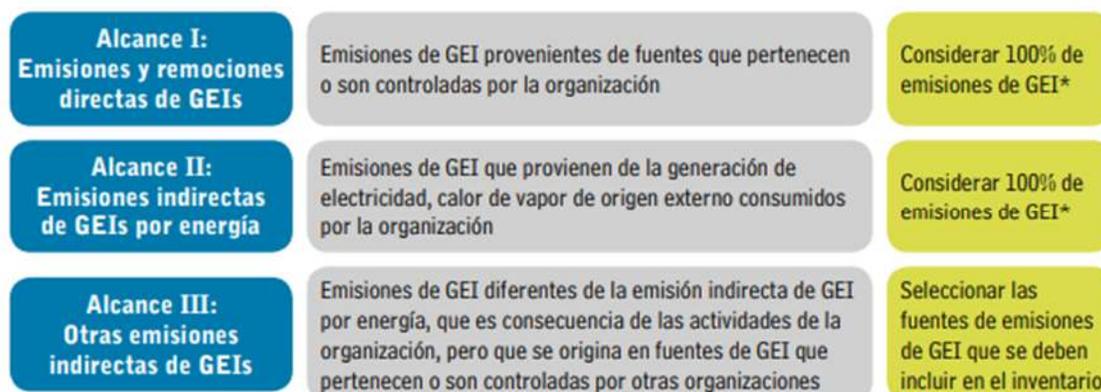


Figura 3. Definiciones de alcance y emisiones de GEI (Ihobe, 2012)

Para el presente cálculo se excluye las emisiones determinadas por el Alcance 3 por la incapacidad técnica para su cálculo.

Alcance 1 de la norma NTE INEN-ISO 14064-1:2010

Son emisiones directas que provienen de fuentes propias o controladas directamente por la organización como por ejemplo las derivadas de la quema de combustibles o debidas a procesos químicos. En lo que respecta a este estudio se calculará las emisiones del generador eléctrico que funciona a diésel, en base a los datos de consumo registrados por el técnico de

mantenimiento.

Para la cuantificación de emisiones de tipo Alcance 1 se aplicará la siguiente ecuación:

$$Emisiones\ de\ GEI = DA \times Fe \quad (1)$$

Siendo:

- Emisiones de GEI: emisiones de CO₂ (t CO₂ / año).
- DA: Consumo de diésel por año en el periodo enero 2018 a diciembre 2019.
- Fe: factor de emisión del diésel es igual a 72.60 t CO₂ / TJ (valor tomado de la publicación Factor de Emisión de CO₂ del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador – Informe 2013 elaborado por el Ministerio del Ambiente (MAE), Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), y Centro Nacional de Control de Energía (CENACE)).

Alcance 2 de la norma NTE INEN-ISO 14064-1:2010

Son emisiones indirectas derivadas de la generación de energía, calor o vapor por parte de terceros y consumida por la organización en sus operaciones. En lo que respecta a este estudio se calculará las emisiones del consumo eléctrico del edificio.

Para el cálculo de emisiones de energía eléctrica, se aplicará la misma ecuación:

$$Emisiones\ de\ GEI = DA \times Fe \quad (2)$$

Siendo:

- Emisiones de GEI: emisiones de CO₂ (t CO₂ / año).
- DA: Consumo de energía eléctrica en el periodo enero 2018 a diciembre 2019.
- Fe: factor de emisión de electricidad igual a 0.5062 kg CO₂ / kWh (valor tomado de la publicación Factor de Emisión de CO₂ del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador – Informe 2013 elaborado por el Ministerio del Ambiente (MAE), Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), y Centro Nacional de Control de Energía (CENACE)).

RESULTADOS

Revisión energética

En el edificio se utilizan dos tipos de fuente:

- Primaria: energía eléctrica proveniente del sistema nacional interconectados del Ecuador.
- Respaldo: generador eléctrico a diésel, utilizado en casos de corte de energía de la red principal

Consumos históricos de energía eléctrica

El perfil de consumo mensual se ha extraído de las planillas o facturas de consumo eléctrico emitidas por la Empresa Eléctrica Quito EEQ. En la tabla 3 se encuentra el registro de dichas facturas durante el período enero 2018 hasta diciembre 2019.

Tabla 3

Consumo de energía eléctrica en función de las planillas de luz EEQ 2018 – 2019

	2018	2019
Mes	kWh	kWh
Enero	51306	45457
Febrero	45486	41512
Marzo	50360	42767
Abril	47791	42282
Mayo	47787	42624
Junio	46484	40407
Julio	47498	40979
Agosto	46684	39817
Septiembre	44648	36829
Octubre	46485	36610
Noviembre	42533	34868
Diciembre	42908	39095
Total	559970	483248

La visualización de la variación del consumo eléctrico respecto del mismo mes entre el período de estudio se lo puede apreciar en la figura 4.

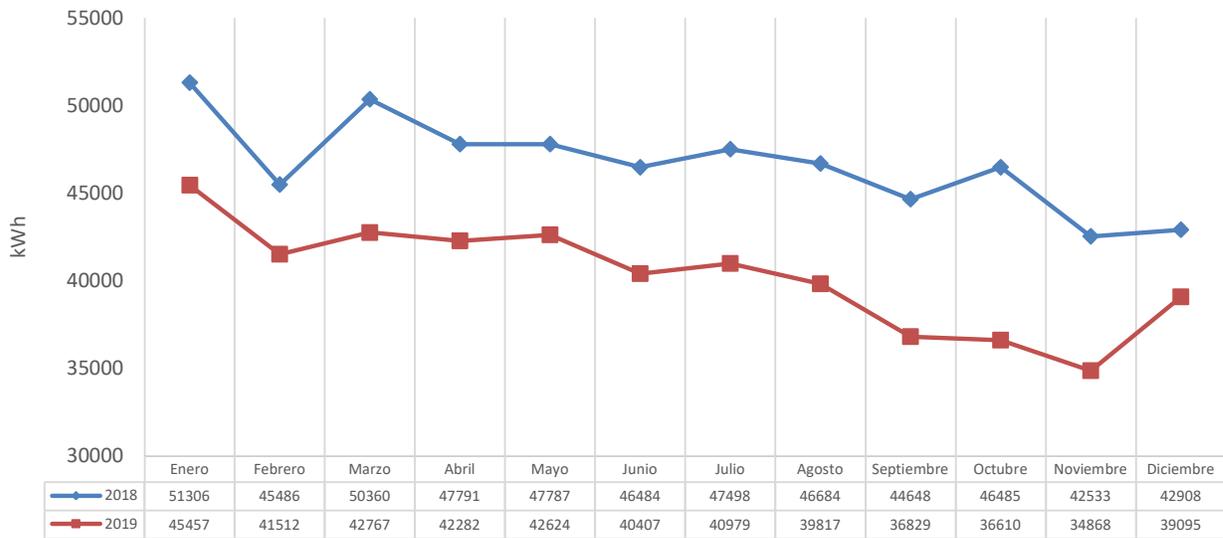


Figura 4. Consumo de energía eléctrica en kWh de enero 2018 a diciembre 2019 en el edificio.

Se puede evidenciar que, durante los años 2018 y 2019, existe un decremento de consumo de energía, donde los puntos más altos de consumo se dan en el mes de enero y los puntos más bajos en el mes de noviembre. Además, se aprecia que existe un consumo base constante por sobre los 34000 kWh mensual. La tendencia de este decremento de consumo eléctrico anual se muestra en la figura 5.

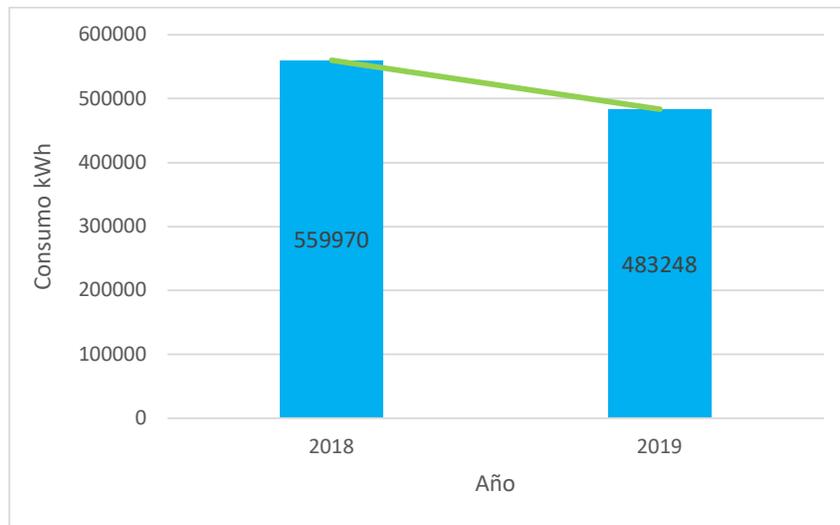


Figura 5. Consumo de energía eléctrica anual (2018 – 2019)

Consumos históricos de diésel

En la tabla 4 se encuentra tabulado el consumo de diésel anual extraído de los registros realizados por el técnico de mantenimiento del edificio en el período de estudio.

Tabla 4

Consumo de diésel para Generador SDMO 2018 – 2019

	Diésel
Año	gal
2018	150
2019	300
Total	450

Cabe señalar que el generador al ser utilizado como suministro eléctrico alterno, el consumo de combustible se da básicamente cuando: existe un fallo del sistema eléctrico principal, en las rutinas de mantenimiento y en el autoencendido semanal del equipo.

Cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero

En la tabla 5 se encuentra cuantificadas las emisiones por consumo de combustibles en instalaciones fijas y por la generación de electricidad consumida por la organización.

Tabla 5

Inventario de emisiones de GEI (t CO₂) por Alcance 1 y Alcance 2 en el período 2018 - 2019

Año	Alcance I				Alcance II			Total
	Diésel gal	Energía TJ	Factor Emisión t CO ₂ / TJ	Emisiones de GEI t CO ₂	Energía Eléctrica kWh	Factor Emisión kg CO ₂ / kWh	Emisiones de GEI t CO ₂	Emisiones de GEI t CO ₂
2018	150	0.025995	72.60	1.89	559970	0.5062	283	285
2019	300	0.051989	72.60	3.77	483248	0.5062	245	248
Total	450	0.077984		5.66	1043218		528	534

Inventario de equipos consumidores de energía

En la siguiente tabla se presenta el inventario de los equipos consumidores de energía y su consumo mensual calculado en base a un régimen de trabajo cotidiano y a la potencia determinada por: lectura de datos de placa, hoja de especificaciones y/o mediciones en situ.

Tabla 6

Inventario de equipos consumidores de energía

Planta	Usuario Energético	Equipo	Ctd	Potencia eléctrica W	Potencia eléctrica (W)	Régimen de trabajo (h / mes)	Consumo estimado (kWh)
Subsuelo 3	ILUMINACION	LUMINARIAS	28	18	504	44	22.18
	ILUMINACION	LUMINARIAS	2	40	80	264	21.12
	ILUMINACION	LUMINARIAS	1	9	9	720	6.48
	BOMBAS	BOMBA AGUAS FREATICAS	1	1119	1119	3	3.36
	BOMBAS	BOMBA AGUAS LLUVIAS	1	1119	1119	6	6.71
	BOMBAS	BOMBA DE AGUA 1	1	5500	5500	90	495.00
	BOMBAS	BOMBA DE AGUA 2	1	3730	3730	90	335.70
	BOMBAS	BOMBA DE AGUA 3	1	3730	3730	90	335.70
	BOMBAS	BOMBA AGUAS NEGRAS	1	1119	1119	30	33.57
	EQUIPOS OFIMATICOS	DVR	5	30	150	720	108.00
Subsuelo 2	AIRE ACONDICIONADO	AIRE ACONDICIONADO SALA DE ENTRENAMIENTO	1	3335	3335	44	146.74
	AIRE ACONDICIONADO	AIRE ACONDICIONADO SALA DE JUEGOS	1	3800	3800	22	83.60
	ILUMINACION	LUMINARIAS	8	36	288	420	120.96
	ILUMINACION	LUMINARIAS	48	24	1152	88	101.38
	ILUMINACION	LUMINARIAS	2	40	80	88	7.04
	ILUMINACION	LUMINARIAS	37	5	185	264	48.84
	ILUMINACION	LUMINARIAS	36	32	1152	2.2	2.53
	EQUIPOS OFIMATICOS	TELEVISOR 55"	2	167	334	2.2	0.73
	OTROS	CAFETERA	1	1200	1200	4.4	5.28
	OTROS	DISPENSADOR DE AGUA	1	485	485	66	32.01
OTROS	MOTOR GARAGE	2	350	700	11	7.70	
Subsuelo 1	CENTRO DE DATOS	AIRE ACONDICIONADO CUARTO UPS 1	1	3335	3335	480	1600.80
	CENTRO DE DATOS	AIRE ACONDICIONADO CUARTO UPS 2	1	3335	3335	480	1600.80
	CENTRO DE DATOS	AIRE ACONDICIONADO DE PRECISION 1	1	5530	5530	121.8	673.55
	CENTRO DE DATOS	AIRE ACONDICIONADO DE PRECISION 2	1	5530	5530	121.8	673.55
	CENTRO DE DATOS	DATA CENTER	1	8833.33	8833.33	720	6360.00
	CENTRO DE DATOS	DATA CENTER	12	45	540	30	16.20
	ILUMINACION	LUMINARIAS	14	36	504	420	211.68
	ILUMINACION	LUMINARIAS	21	24	504	176	88.70
	ILUMINACION	LUMINARIAS	42	40	1680	88	147.84
	ILUMINACION	LUMINARIAS	15	96	1440	22	31.68
	ILUMINACION	LUMINARIAS	1	18	18	198	3.56
	EQUIPOS OFIMATICOS	MONITOR	5	90	450	528	237.60
	EQUIPOS OFIMATICOS	DE ESCRITORIO	2	70	140	528	73.92
	EQUIPOS OFIMATICOS	TELEVISOR 55"	1	167	167	2.2	0.37
	EQUIPOS OFIMATICOS	TRITURADORA	2	212.75	425.5	4.4	1.87
	EQUIPOS OFIMATICOS	IMPRESORA	5	55	275	44	12.10
	OTROS	CAFETERA	1	1200	1200	66	79.20
	OTROS	NEVERA	1				14.30
	OTROS	CALEFACTOR	1	1200	1200	44	52.80

	OTROS	SECADOR DE MANOS	2	1500	3000	3	9.00
	OTROS	DISPENSADOR DE AGUA	2	485	970	66	64.02
	OTROS	MICROONDAS	1	1500	1500	3	4.50
Planta Baja	AIRE ACONDICIONADO	AIRE ACONDICIONADO OFICINAS PLANTA BAJA	1	11400	11400	88	1003.20
	ILUMINACION	LUMINARIAS	52	36	1872	300	561.60
	ILUMINACION	LUMINARIAS	96	40	3840	176	675.84
	ILUMINACION	LUMINARIAS	47	5	235	264	62.04
	ILUMINACION	LUMINARIAS	75	18	1350	198	267.30
	EQUIPOS OFIMATICOS	MONITOR	42	90	3780	198	748.44
	EQUIPOS OFIMATICOS	PORTATIL	73	55	4015	220	883.30
	EQUIPOS OFIMATICOS	DE ESCRITORIO	10	70	700	176	123.20
	EQUIPOS OFIMATICOS	TELEVISOR 55"	1	167	167	66	11.02
	EQUIPOS OFIMATICOS	TRITURADORA	15	212.75	3191.25	4.4	14.04
	EQUIPOS OFIMATICOS	IMPRESORA	17	55	935	44	41.14
	EQUIPOS OFIMATICOS	SELLADORA	4	4	16	720	11.52
	OTROS	SECADOR DE MANOS	3	1200	3600	22	79.20
	OTROS	NEVERA	1				14.30
	OTROS	CAFETERA	4	850	3400	44	149.60
OTROS	DISPENSADOR DE AGUA	2	485	970	66	64.02	
Piso 1	AIRE ACONDICIONADO	AIRE ACONDICIONADO COMROOM P2 1	1	1716	1716	240	411.84
	AIRE ACONDICIONADO	AIRE ACONDICIONADO COMROOM P2 2	1	1716	1716	240	411.84
	AIRE ACONDICIONADO	AIRE ACONDICIONADO OFICINAS P1	2	3400	6800	88	1003.20
	ILUMINACION	LUMINARIAS	14	36	504	360	181.44
	ILUMINACION	LUMINARIAS	56	40	2240	176	394.24
	ILUMINACION	LUMINARIAS	29	5	145	264	38.28
	ILUMINACION	LUMINARIAS	45	18	810	198	160.38
	EQUIPOS OFIMATICOS	MONITOR	70	90	6300	198	1247.40
	EQUIPOS OFIMATICOS	PORTATIL	52	55	2860	220	629.20
	EQUIPOS OFIMATICOS	DE ESCRITORIO	4	70	280	176	49.28
	EQUIPOS OFIMATICOS	TELEVISOR 55"	3	167	501	66	33.07
	EQUIPOS OFIMATICOS	TRITURADORA	1	212.75	212.75	4.4	0.94
	EQUIPOS OFIMATICOS	IMPRESORA	5	55	275	44	12.10
	OTROS	CAFETERA	3	1200	3600	66	237.60
	OTROS	CALEFACTOR	3	1200	3600	44	158.40
OTROS	DISPENSADOR DE AGUA	2	485	970	66	64.02	
Piso 2	CENTRO DE DATOS	AIRE ACONDICIONADO COMROOM P2 1	1	1078	1078	180	194.04
	CENTRO DE DATOS	AIRE ACONDICIONADO COMROOM P2 2	1	1078	1078	180	194.04
	ILUMINACION	LUMINARIAS	14	36	504	360	181.44
	ILUMINACION	LUMINARIAS	66	40	2640	176	464.64
	ILUMINACION	LUMINARIAS	29	5	145	264	38.28
	ILUMINACION	LUMINARIAS	2	96	192	22	4.22
	ILUMINACION	LUMINARIAS	69	18	1242	198	245.92
	EQUIPOS OFIMATICOS	MONITOR	75	90	6750	198	1336.50
	EQUIPOS OFIMATICOS	PORTATIL	62	55	3410	220	750.20
	EQUIPOS OFIMATICOS	DE ESCRITORIO	8	70	560	176	98.56
	EQUIPOS OFIMATICOS	TELEVISOR 55"	3	167	501	66	33.07

	EQUIPOS OFIMATICOS	TRITURADORA	6	212.75	1276.5	4.4	5.62
	EQUIPOS OFIMATICOS	IMPRESORA	4	55	220	44	9.68
	COMEDOR	LINEA	5	1150	5750	44	253.00
	COMEDOR	REFRIGERADORA	1				379.60
	COMEDOR	LAVAVAJILLA	1	1050	1050	44	46.20
	COMEDOR	MICROONDAS	3	1500	4500	11	49.50
	COMEDOR	JUGOS	1	632.5	632.5	88	55.66
	OTROS	CAFETERA	3	1200	3600	66	237.60
	OTROS	CALEFACTOR	3	1200	3600	44	158.40
	OTROS	DISPENSADOR DE AGUA	2	485	970	66	64.02
	CENTRO DE DATOS	AIRE ACONDICIONADO COMROOM P3 1	1	1078	1078	180	194.04
	CENTRO DE DATOS	AIRE ACONDICIONADO COMROOM P3 2	1	1078	1078	180	194.04
	AIRE ACONDICIONADO	AIRE ACONDICIONADO (GERENCIA) 1	1	3335	3335	44	146.74
	AIRE ACONDICIONADO	AIRE ACONDICIONADO (GERENCIA) 2	1	4200	4200	44	184.80
	ILUMINACION	LUMINARIAS	34	36	1224	360	440.64
	ILUMINACION	LUMINARIAS	10	80	800	176	140.80
	ILUMINACION	LUMINARIAS	97	40	3880	176	682.88
	ILUMINACION	LUMINARIAS	34	5	170	264	44.88
	ILUMINACION	LUMINARIAS	2	96	192	22	4.22
Piso 3	ILUMINACION	LUMINARIAS	74	18	1332	198	263.74
	EQUIPOS OFIMATICOS	MONITOR	83	90	7470	198	1479.06
	EQUIPOS OFIMATICOS	PORTATIL	66	55	3630	220	798.60
	EQUIPOS OFIMATICOS	DE ESCRITORIO	5	70	350	176	61.60
	EQUIPOS OFIMATICOS	TELEVISOR 55"	2	167	334	176	58.78
	EQUIPOS OFIMATICOS	TRITURADORA	3	212.75	638.25	4.4	2.81
	EQUIPOS OFIMATICOS	IMPRESORA	10	55	550	44	24.20
	OTROS	SECADOR DE MANOS	2	1200	2400	22	52.80
	OTROS	NEVERA	6				14.30
	OTROS	CAFETERA	3	850	2550	44	112.20
	OTROS	DISPENSADOR DE AGUA	2	485	970	66	64.02
	ASCENSORES	ASCENSOR 1	1	15000	15000	60	900.00
	ASCENSORES	ASCENSOR 2	1	15000	15000	60	900.00
	ASCENSORES	ASCENSOR 3	1	15000	15000	60	900.00
	VENTILACION MECANICA	VENTILADOR DE INYECCION 1	1	3701	3701.1	220	814.24
	VENTILACION MECANICA	VENTILADOR DE INYECCION 2	2	3256	6512	220	1432.64
TERRAZA	VENTILACION MECANICA	VENTILADOR DE EXTRACCION 1	1	2420	2420	220	532.40
	VENTILACION MECANICA	VENTILADOR DE EXTRACCION 2	1	2420	2420	220	532.40
	VENTILACION MECANICA	VENTILADOR DE EXTRACCION BAÑOS	1	4100	4100	220	902.00
	VENTILACION MECANICA	VENTILADOR DE EXTRACCION COCINA	1	745.70	745.70	88	65.62
	ILUMINACION	GRADAS NORTE	28	9	252	6	1.51
	ILUMINACION	GRADAS SUR	28	9	252	6	1.51
	OTROS	ASPIRADORA	1	1500	1500	11	16.50
TOTAL GENERAL							40390

Matriz de usos y consumos de energía

Tras el análisis energético de las instalaciones y con el detalle de la facturación aportada, el inventario realizado y la toma de medidas mediante los equipos analizadores portátiles, se ha establecido la matriz de usos y consumos de energía mensual del edificio:

Tabla 7

Matriz de usos y consumos de energía mensual estimados del edificio

Usuario Energético	Detalle	Consumo estimado (kWh)
Ascensores	Ascensores	2700
Bombas	Bombeo de agua potable, aguas residuales, aguas lluvias	1210
Ventilación mecánica	Inyección y extracción de aire	4279
Iluminación	Luminarias led, fluorescentes, incandescentes, halógenos	5670
Aire acondicionado	Equipos de climatización	3392
Equipos ofimáticos	Ordenador de mesa, portátil, monitor, impresora, etc.	8898
Centro de datos	CRACs, servidores, equipos de comunicación	11701
Comedor	Línea caliente, refrigerador, microondas, etc.	784
Otros	Cafetera, dispensador de agua, calefactor, etc.	1756
Total		40390

Distribución de consumos por usuarios energéticos

Un análisis más intuitivo de los consumos en base a la clasificación del usuario energético detallados en la tabla 6 se lo puede obtener mediante la gráfica de distribución de consumos energéticos siguiente:

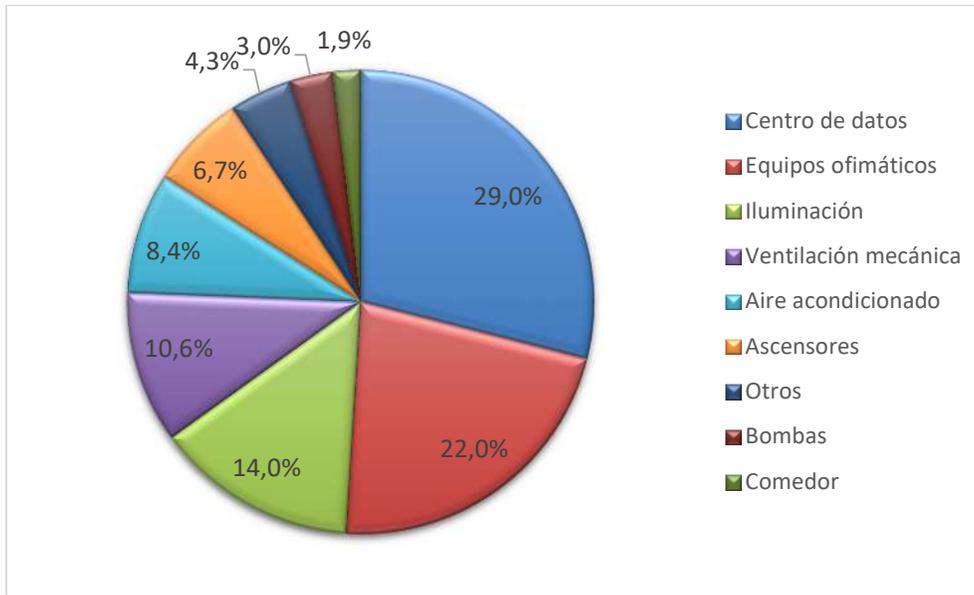


Figura 6. Distribución de consumos por usuarios energéticos

Pareto de usuarios energéticos

Aplicando Pareto de acuerdo con los datos presentados se puede identificar el 20% de los usuarios energéticos que generan el 80% del consumo eléctrico del edificio.

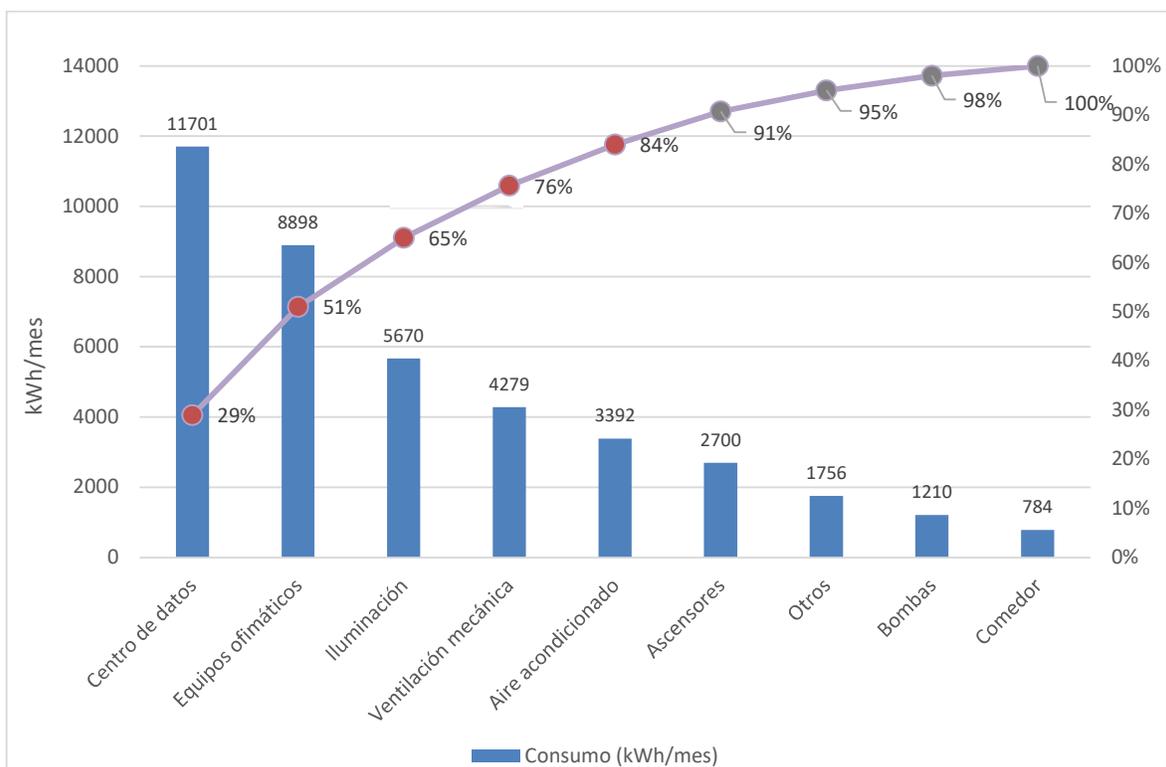


Figura 7. Pareto de usuarios energéticos de edificio

De los dos gráficos anteriores se evidencia que el principal usuario de energía analizada en función de los kWh/mes en el edificio está dado principalmente por el centro de datos que representa el porcentaje de mayor relevancia, con un 29.0% del porcentaje total, conformado principalmente por: el consumo de los servidores y otros equipos de tecnologías de la información utilizados para procesar, almacenar y transmitir información digital, así como por el consumo de los aires acondicionados que permiten mantener la temperatura y humedad constantes en las salas técnicas. Su alto consumo se debe a que sus servicios están operativos 24 horas al día, 365 días al año.

El siguiente consumidor energético es el equipamiento ofimático (ordenadores portátiles o de mesa, monitores, impresoras, etc.) que representa un 22.0%. Los consumos unitarios de cada uno de estos equipos suelen ser relativamente bajos, pero considerados en conjunto, y dado el gran número de horas que están en funcionamiento, derivan en un alto consumo energético de la edificación.

El sistema de iluminación es el tercer consumidor de energía con un 14.0%. Es un consumo apropiado teniendo en cuenta la superficie a iluminar, las horas de actividad y que por temas de seguridad mantienen parte de la iluminación encendida en las noches.

El cuarto y quinto consumidor son el sistema de ventilación mecánica y los equipos de climatización del edificio.

Indicadores de desempeño energético

A partir de los datos de los apartados anteriores, a continuación, se presentan los valores de los indicadores propuestos:

Tabla 8

Indicadores de desempeño energético en el edificio.

Indicador	Unidad	2018	2019
Índice de consumo eléctrico por área	kWh / m ² año	83.07	71.69
Índice de emisiones de CO ₂ por área	kg CO ₂ / m ² año	42.33	36.85

Se puede apreciar que entre 2018 y 2019, los valores de los dos indicadores de desempeño energético han decrementado debido a que existe un menor consumo de energía.

El valor obtenido del índice de consumo eléctrico por área en el último año 71.69 kWh / m² año es razonable si lo comparamos con el valor promedio de 106.9 kWh / m² año de un estudio de consumo energético en varios edificios de oficinas en Chile (Pricewaterhousecoopers, 2007).

Línea de tendencia

Debido a la imposibilidad de relacionar el consumo de energía con la cantidad de servicios realizados por la organización en estudio, no es factible establecer una línea de base energética. Como alternativa para evaluar el desempeño energético se presenta una gráfica de tendencia de consumo eléctrico para determinar si se puede llegar al ahorro planteado por la institución sin implantación de un plan de acción energético.

Mediante la representación del consumo mensual en una gráfica junto con la línea de tendencia que forman los puntos que representan los consumos, podemos obtener la fórmula lineal con la cual calcular el consumo mensual que se obtendrá en el presente año siguiendo dicha tendencia.

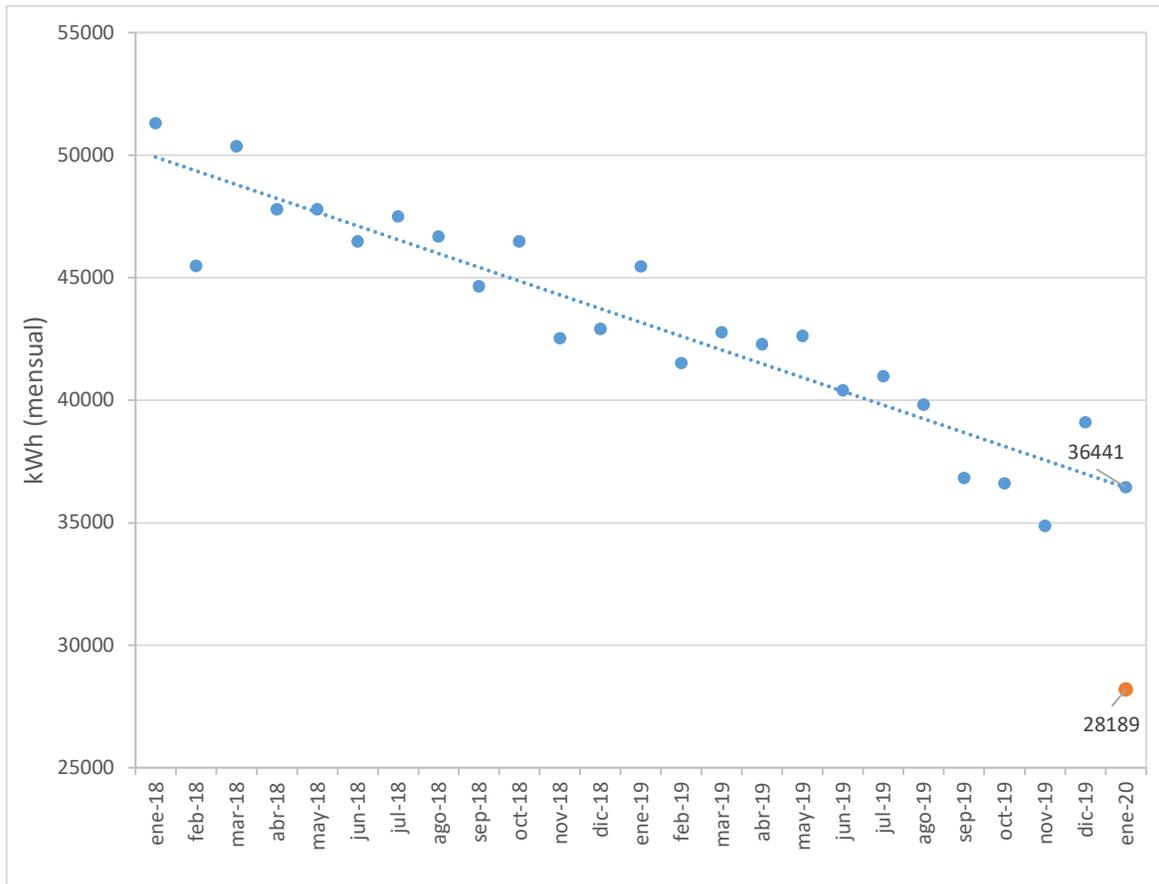


Figura 8. Línea de tendencia de consumo eléctrico 2018-2019 con proyección a enero 2020

Sustituyendo en la fórmula obtenida en el gráfico el mes 25 (enero 2020) obtenemos el consumo previsto para dicho mes:

$$y = -562.07 x 25 + 50493 = 36441 \text{ kWh} \quad (3)$$

Ahora bien, para llegar al objetivo de reducción del 30% del consumo eléctrico, se debería llegar a un consumo anual de:

$$\text{Consumo 2020} = 0.7 * \text{Consumo 2019} \quad (4)$$

$$\text{Consumo 2020} = 0.7 * 483248 = 338274 \text{ kWh} \quad (5)$$

Que equivaldría a un consumo mensual promedio en 2020 de:

$$\frac{3438274}{12} kWh = 28189 kWh \quad (6)$$

Comparando los resultados de las ecuaciones (3) y (6) se determina que existe una brecha muy considerable entre la proyección y la meta planteada de 8252 kWh por mes si es que no se implementa un programa de eficiencia energética.

Oportunidades de mejora de ahorro energético

A continuación, se resumen las mejores propuestas de ahorro energético incluyendo un pequeño estudio económico de cada una de ellas. Algunas de ellas se pueden realizar de forma simultánea.

1. Reducir el área de climatización del Centro de Datos

Descripción: Limitar la climatización del Centro de Datos al espacio donde se encuentra el equipamiento activo.

Análisis de ahorro: Con la llegada de la tecnología de voz sobre ip, el área donde estaban ubicados los racks y equipos que contienen los puntos de telefonía y sus respectivas conexiones en el Centro de Datos quedaron libres, por lo cual es factible la limitación del área de climatización, con un ahorro estimado del 30%.

- ✓ Ahorro energético: 4850 kWh / año
- ✓ Reducción de GEI: 2455 tCO₂ / año
- ✓ Ahorro económico: 461 \$ / año
- ✓ Tiempo de retorno simple: 2.67 años

Tabla 9

Ahorro energético reduciendo el área de climatización del Centro de Datos

Equipo	Ctd.	Actualidad	Propuesta	Ahorros			Inversión	Tiempo
		kWh / año	kWh / año	kWh / año	t CO ₂ / año	\$ / año	\$	retorno
CRAC 1	1	8083	5658	2425	1227	230	614	
CRAC 2	1	8083	5658	2425	1227	230	614	
		16165	11316	4850	2455	461	1228	2.67

2. Renovación de los equipos de aire acondicionado del cuarto de UPSs

Descripción: Reemplazar los dos equipos de aire acondicionado de 24000 BTU/h ubicados en el cuarto de UPSs que usan refrigerante R22 a equipos con tecnología inverter y refrigerante R410A.

Análisis de ahorro: Las unidades de aire acondicionado inverter consumen alrededor del 40% menos de energía debido a que cuentan con un compresor más pequeño y son capaces de controlar la frecuencia y velocidad de giro del compresor (Gómez López et al., 2018).

- ✓ Ahorro energético: 15619 kWh / año
- ✓ Reducción de GEI: 7906 tCO₂ / año
- ✓ Ahorro económico: 1484 \$ / año
- ✓ Tiempo de retorno simple: 2.35 años

Tabla 10

Ahorro energético con el cambio de equipos en el cuarto de UPS

Equipo	Ctd.	Actualidad	Propuesta	Ahorros			Inversión	Tiempo retorno
		kWh / año	kWh / año	kWh / año	t CO ₂ / año	\$ / año	\$	años
AA 24000 BTU - 1 - Inverter	1	19210	11400	7810	3953	742	1747	
AA 24000 BTU - 2 - Inverter	1	19210	11400	7810	3953	742	1747	
		38419	22800	15619	7906	1484	3494	2.35

Con esta medida aparte consumir menos energía se reduce el impacto en el ambiente, ya que el refrigerante R410A no contiene cloro, por lo que no afecta la capa de ozono.

3. Sistema de control para equipos de aire acondicionado de los cuartos de comunicaciones de los pisos 2 y 3.

Descripción: Se propone la instalación en cada piso de un tablero alternador para automatizar la operación de los dos equipos alternando el arranque o paro de forma automática.

Análisis de ahorro: Actualmente se cuenta con dos equipos de aire acondicionado en cada cuarto de comunicaciones con el fin de dar redundancia en climatización, pero en muchas ocasiones se

encienden casi simultáneamente los dos equipos para regular la temperatura. Con un tablero alternador se garantizaría la operación de uno solo de los equipos, y se estima un ahorro del 25% de energía.

- ✓ Ahorro energético: 2328 kWh / año
- ✓ Reducción de GEI: 1179 t CO₂ / año
- ✓ Ahorro económico: 221 \$ / año
- ✓ Tiempo de retorno simple: 2.71 años

Tabla 11

Ahorro energético con la instalación de tableros alternadores en cuartos de telecomunicaciones

Equipo	Ctd.	Actualidad	Propuesta	Ahorros		Inversión		Tiempo retorno años
		kWh / año	kWh / año	kWh / año	t CO ₂ / año	\$ / año	\$	
AA 12000 BTU - P2 - 1	1	2328	1746	582	295	55	150	
AA 12000 BTU - P2 - 2	1	2328	1746	582	295	55	150	
AA 12000 BTU - P3 - 1	1	2328	1746	582	295	55	150	
AA 12000 BTU - P3 - 2	1	2328	1746	582	295	55	150	
		9314	6985	2328	1179	221	600	2.71

Con la inserción de un tablero de control además del ahorro energético se garantizará que los equipos funcionen en forma pareja.

4. Instalación de sensores de ocupación en el área de parqueaderos.

Descripción: Se propone la instalación de sensores para iluminar únicamente aquellos sectores de los parqueaderos donde se registre movimiento.

Análisis de ahorro: Actualmente el control de iluminación del área de parqueadero se lo controla mediante un selector de encendido/apagado ubicado en la sala de guardianía, con un régimen de operación de 14 horas diarias. Con la instalación de sensores se estima que el uso se reduzca a un promedio de 1.5 horas diarias, representando un ahorro superior al 80%.

- ✓ Ahorro energético: 3311 kWh / año
- ✓ Reducción de GEI: 2957 t CO₂ / año

- ✓ Ahorro económico: 281 \$ / año
- ✓ Tiempo de retorno simple: 0.64 años

Tabla 12

Ahorro energético con la instalación de sensores de movimiento en parqueaderos

Equipo	Ctd.	Actualidad	Propuesta	Ahorros		Inversión	Tiempo	
		kWh / año	kWh / año	kWh / año	t CO ₂ / año	\$ / año	\$	años
LUMINARIA PARQUEADERC	36	3311	355	2957	1497	281	180	
		3311	355	2957	1497	281	180	0.64

Plan de acción para la gestión de energía

A partir de los indicadores planteados se detallan las actividades, recursos, responsables y plazos necesarios para poder alcanzar los objetivos y metas.

Tabla 13

Objetivos y metas energéticas

Objetivo	Meta	Actividad	Indicador	Responsable	Plazo	Presupuesto	Medición y seguimiento
Reducir el consumo de electricidad por luminaria	Lograr al menos una reducción del 5% en el primer año	Limpieza y mantenimiento de las luminarias en forma semestral	kWh/mes - m ²	Dpto. Mantenimiento	1 año	\$ 300.00	Número de mantenimientos realizados / Número de mantenimientos
		Cambio de tubos fluorescentes a luminarias led		Dpto. Mantenimiento	1 año	\$ 1,200.00	Número de focos led / Total de focos
		Verificar los niveles de iluminación de las diferentes áreas y compararlos con los valores de la norma		Dpto. Mantenimiento	1 año	\$ -	Luxes/área
		Verificar el sistema de control de sensibilidad de los sensores y el tiempo de encendido de las luminarias		Dpto. Mantenimiento	3 meses	\$ -	Número de sensores configurados / Total de sensores
Reducir el consumo de electricidad por el uso de los aires acondicionados	Lograr al menos una reducción del 3% en el primer año	Programar a 21°C la temperatura de los cuartos de comunicaciones y el cuarto de UPS.	kWh/mes - m ²	Dpto. Mantenimiento	1 mes	\$ -	Número de equipos configurados / Total de equipos
		Revisión del aislamiento térmico de tuberías de los equipos		Dpto. Mantenimiento	3 meses	\$ -	Número de equipos revisados / Total de equipos
Reducir el consumo de electricidad por el uso de los equipos de ventilación mecánica	Lograr al menos una reducción del 3% en el primer año	Controlar el flujo de aire de acuerdo con la demanda	kWh/mes - m ²	Dpto. Mantenimiento	Mensual	\$ -	Llevar un registro diario
		Establecer programa de encendido y apagado de los equipos de 8:30 a 17:30		Dpto. Mantenimiento	Mensual	\$ -	Llevar un registro diario
Reducir el consumo de electricidad por equipos ofimáticos	Lograr al menos una reducción del 3% en el primer año	Adquisición de equipos de bajo consumo con tarjeta de eficiencia energética.	kWh/mes - trabajador	Área de TI	Permanente	\$ -	Número de equipos adquiridos con especificaciones Energy Star / Total de equipos adquiridos
		Mejorar el comportamiento de los usuarios de estos equipos		Área de TI	Permanente	\$ -	Charlas periódicas al personal
		Programar los equipos para que tengan activado el modo de ahorro de energía		Área de TI	3 meses	\$ -	Número de equipos con activación de modo stand by / Total de equipos ofimáticos

DISCUSIÓN

En general los edificios del sector terciario no cuentan con una medición que genere información del consumo de energía por un producto o bien, lo cual termina siendo un limitante para establecer metas para mejorar el desempeño energético. En el presente estudio se pudo implementar dos indicadores: kWh / m² año y kg CO₂ / m² año, que permitirán no solo

monitorear el nivel de eficiencia y mejoras que se van realizando, sino también realizar la comparación con otras edificaciones que brinden el mismo servicio.

En los edificios de oficinas, los consumos eléctricos destinados a la iluminación suponen un porcentaje sobre el total muy importante, ya que pueden asociarse a ellos consumos sobre el 50%, pero en el caso del edificio de estudio el mayor consumidor energético está dado por el Centro de Datos, esta diferencia puede deberse principalmente debido a que en el edificio ya se encuentra implementado casi en su totalidad el sistema con luminarias tipo LED.

De los resultados obtenidos se observa que la tendencia de consumo de energía eléctrica va en decremento, con un fuerte descenso en los meses de agosto a diciembre del 2019 debido a que en esas fechas uno de los arrendatarios desalojó temporalmente el edificio con fines de remodelación de sus oficinas.

La distribución del consumo energético del edificio se realizó tanto en forma teórica en base a la cantidad y potencia de los equipos (dato de placa) y estimando un tiempo de uso de estos; así como, mediante la medición directa del usuario energético aprovechando de que las cargas se encuentran seccionadas en el tablero de distribución principal de acuerdo con el nivel de voltaje con el que trabajan y al servicio que prestan.

CONCLUSIONES

- El desarrollo de la revisión energética del edificio comercial del proyecto permite demostrar que en cualquier organización independientemente de su tamaño y sector se puede aplicar un sistema de gestión de energía que permita establecer, gestionar y mejorar el consumo y la eficiencia energética. Adicionalmente, su implantación hace que cualquier inversión en esta línea tenga un retorno económico inmediato mediante el ahorro en las facturas.
- El consumo de energía eléctrica en el horario de 22H00 a 7H00 es aproximadamente el 31.5% del total. Esto se debe a que los equipos de climatización de los cuartos de: Centro de

Datos, Área de UPS, Equipos de Comunicaciones del 2do y 3er piso operan continuamente las 24 horas x 7 días a la semana.

- En los edificios del sector terciario los sistemas de climatización, iluminación y el equipamiento ofimático suponen un consumo elevado de energía, por lo que son fuentes potenciales de importantes ahorros. El orden de consumo dependerá del clima en el que esté asentada la edificación y de la tipología y usos de esta.
- Se identificó que los usuarios con mayor consumo energético son el centro de datos con el 29%, los equipos ofimáticos con el 22% y el sistema de iluminación con 14%.
- Los valores de los dos identificadores de desempeño energético implementados kWh / m² año y kg CO₂ / m² año son 71.69 y 36.85, respectivamente.
- Si se realiza una comparación por mes se puede ver como los consumos han ido disminuyendo entre los años 2018 y 2019, lo cual puede deberse a la implementación de luminarias LED realizadas a finales del 2018, y al reemplazo de los equipos de aire acondicionado de los cuartos de telecomunicaciones de tecnología convencional a tecnología inverter.

RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio del sistema de iluminación para verificar que el nivel de iluminación de las diferentes áreas esté dentro de la norma ecuatoriana “Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo”.
- Reemplazar los equipos de aire acondicionado del cuarto de UPS a equipos de tecnología inverter, los cuales consumen menos energía ya que son capaces de controlar la frecuencia y la velocidad de giro de compresor pudiendo funcionar desde el 10% hasta el 100% de su capacidad. De esta manera se puede llegar a ahorrar en un año entre el 30 y el 60% en energía eléctrica.

- Generar participación integral y fomentar la sensibilización del personal en temas de eficiencia energética, y por consecuencia, en el cuidado del medio ambiente.
- Reducir el espacio de climatización del Centro de Datos con lo cual se disminuiría la carga calorífica a enfriar y por el ende se reduciría el consumo de energía.
- Mantener la temperatura del centro de datos en la curva de eficiencia que recomienda "The American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers [ASHRAE] que se sitúa entre 77 y 80 grados Fahrenheit (de 25 a 26.66 grados centígrados). Actualmente, se maneja una temperatura de 21°C.
- Realizar una limpieza periódica de los filtros de los equipos de aire acondicionado y del sistema de ventilación mecánica ya que al estar sucios se impide la libre circulación de aire, obligando a la unidad a trabajar más duro y por lo tanto, consumir más energía.
- Al disponer de una instalación energéticamente eficiente se estará contribuyendo a la sostenibilidad del planeta, dando así un valor adicional a la imagen corporativa de la empresa.

BIBLIOGRAFIA

Agencia Chilena de Eficiencia Energética. (2017). *Guía Implementación de Sistemas de Gestión de la Energía basados en ISO 50001*.

Álvarez-Guerra, M., Saidel, M. A., & Hernández, A. (2014). Evaluación Post-Ocupacional : Herramienta para la Implementación de la Norma ISO 50001 en edificios. *Revista Científica de La Universidad de Cienfuegos*, 13–22.

Álvarez Pelegry, E., & Mosácula Atienza, C. (2013). Energía y Edificación. *Cuadernos Orkestra*.

El Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea. (2018). *Directiva 2018/844/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios*. 2018, 75–91.

Endesa. (2017). *Informe del Comportamiento Energético de las Empresas Españolas*.

- European Environment Agency. (2013). *Achieving energy efficiency through behaviour change: what does it take?* (Issue 5).
- Ganesh, G. A., Sinha, S. L., & Verma, T. N. (2020). *Effect of Inlet Airflow Direction on the Indoor Environment of a Naturally Ventilated Room using CFD*. 3, 580–591.
- Gómez López, J. M., Antúnez Estrada, A. J., & Chavolla, F. (2018). *Comparativo de eficiencia energética de sistemas de aire acondicionado con tecnologías on-off e Inverter*. 03.
www.gob.mx/sener
- IDAE. (2015). *Calificación de la eficiencia energética de los edificios*. 1–34.
- Ihobe, S. P. de G. A. (2012). *Guía metodológica para la aplicación de la norma UNE-ISO 14064-1:2006 para el desarrollo de inventarios de Gases de Efecto Invernadero en organizaciones*.
- International Energy Agency. (2017). *Energy Efficiency*. *IEA Publications*.
- International Energy Agency. (2018). *World Energy Outlook*. *IEA Publications*, 14.
- Iribarren Robledo, P. (2018). *Indicadores y metodología de la certificación energética en España y Europa*.
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2017). *Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035*. In *Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035*.
- Pricewaterhousecoopers. (2007). *Desarrollo de una Línea Base y Metodología de Medición del Consumo Energético en Edificios*. 2, 1–113.
- Rey, J. M., Rey, A., Velasco, E., San José, J., & Rey, F. J. (2020). *Propuesta de la certificación energética, mediante simulación dinámica, como herramienta de gestión energética ISO 50001 versus auditoría energética en edificios*.