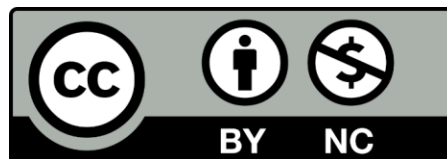


**DISEÑO DE UN PLAN DE GESTIÓN EFICIENTE DE LA ENERGÍA (PGEE),
APLICANDO LA NTC ISO 50001 EN EL CAMPUS AGUAS CLARAS DE LA
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS, SECCIONAL VILLAVICENCIO.**



Por:
Carlos Eduardo Baquero Sáenz



**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
VILLAVICENCIO
2025**

**DISEÑO DE UN PLAN DE GESTIÓN EFICIENTE DE LA ENERGÍA
(PGEE), APLICANDO LA NTC ISO 50001 EN EL CAMPUS AGUAS
CLARAS DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS, SECCIONAL
VILLAVICENCIO.**

Por:
Carlos Eduardo Baquero Sáenz

Documento final presentado como opción de grado para optar al título
profesional de Ingeniero Mecánico

Asesor
M.S. GILBERTO ANDRÉS JURADO FITATÁ
Magister en Ingeniería con énfasis en energías alternativas.

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
VILLAVICENCIO
2025**

AUTORIDADES ACADEMICAS

P. Álvaro José ARANGO RESTREPO, O.P.
Rector General

P. Mauricio Antonio CORTÉS GALLEGO, O.P.
Vicerrector Académico General

P. José Antonio BALAGUERA CEPEDA, O.P.
Rector Seccional Villavicencio

P. Adrián Mauricio GARCÍA PEÑARANDA, O.P.
Vicerrector Académico Seccional Villavicencio

Mg. Julieth Andrea SIERRA TOBÓN
Secretaria General Seccional Villavicencio

Ing. Handel A MARTINEZ SARACHE
Decano Facultad de Ingeniería Mecánica

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	10
2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	11
3.	JUSTIFICACIÓN	13
4.	OBJETIVOS	14
4.1.	OBJETIVO GENERAL	14
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
5.	ALCANCE	15
6.	MARCO DE REFERENCIA	16
6.1.	MARCO TEÓRICO.....	16
6.2.	MARCO CONCEPTUAL	16
6.3.	ESTADO DEL ARTE	18
6.4.	MARCO NORMATIVO	19
7.	METODOLOGÍA	21
7.1.	DESCRIPCIÓN DE ETAPAS Y TAREAS	21
8.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	24
8.1.	RECOLECCIÓN DE DATOS.....	24
8.1.1.	Consumo eléctrico y ocupación	24
8.2.	ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	26
8.2.1.	Indicadores Base 100 y CUSUM.....	26
8.2.1.1.	Base 100.....	26
8.2.1.2.	Indicador CUSUM	28
8.2.2.	Línea Base y Línea Meta	29
8.2.2.1.	Potencial de ahorro	30
8.2.3.	Elaboración de la matriz eléctrica	31
8.2.4.	Información sobre el uso de los equipos.....	32
8.3.	EVALUACIÓN DE LAS UNIDADES DE AIRES ACONDICIONADO 33	
8.4.	ALTERNATIVAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA 33	
8.4.1.	Implementación de sensores en AA.....	33
8.4.1.1.	Costo de inversión	34
8.4.1.2.	Tiempo de retorno de la inversión.....	34
8.4.2.	Cambio de ventanas	34
8.4.2.1.	Costo de inversión	34
8.4.2.2.	Tiempo de retorno de la inversión.....	35
8.4.3.	Instalar aplicaciones informáticas para disminuir el consumo eléctrico en los computadores.....	36
8.4.3.1.	Costo de inversión	36
8.4.3.2.	Tiempo de retorno de la inversión.....	37
8.4.4.	Cambio del sistema de iluminación	37
8.4.4.1.	Costo de inversión	37
8.4.5.	Análisis global	38
8.4.6.	Concientización de la situación energética en la Universidad.....	39
9.	RESULTADOS E IMPACTOS	40

10.	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	41
10.1.	CONCLUSIONES	41
10.2.	TRABAJOS FUTUROS	41
11.	BIBLIOGRAFÍA	43
12.	ANEXOS	45

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estado del Arte	18
Tabla 2. Marco Normativo	19
Tabla 3. Estimación de Ahorro del Proyecto.....	31
Tabla 4. Tiempo de retorno de la Inversión de los Sensores.....	34
Tabla 5. Costo de la Renovación de Ventanas en el Bloque A	35
Tabla 6. Retorno a la inversión de la renovación de Ventanas en el Bloque A	36
Tabla 7. Retorno de la inversión de las licencias Verdiem	37
Tabla 8. (a) Reducción del consumo al implementar paneles led, (b) Costo de la inversión.	38
Tabla 9. Retorno a la Inversión al renovar el sistema de iluminación	38
Tabla 10. Retorno Global de la Inversión	39
Tabla 11. Resultados e Impactos	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Costo de energía en el mes de enero de los últimos 5 años en el departamento del Meta Sector industrial comercial	12
Figura 2. Etapas del proyecto	21
Figura 3. Consumo Mensual	24
Figura 4. Consumo entre semana	25
Figura 5. Ocupación vs Hora del día	25
Figura 6. Consumo eléctrico vs Hora del día.	26
Figura 7. Indicador Base 100 (a) 2022-1 (b) 2022-2	27
Figura 8. Indicador CUSUM (a) 2022-1 (b) 2022-2	29
Figura 9. Línea Base y Línea Meta (a) 2022-1, (b) 2022-2	30
Figura 10. Matriz eléctrica del Edificio Santo Domingo (a) Comparación del consumo en Watts, (b) Comparación del consumo en porcentaje	32

RESUMEN

Este documento presenta el diseño de un Plan de Gestión Eficiente de la Energía para el campus Aguas Claras de la Universidad Santo Tomás, seccional Villavicencio. El principal propósito de este plan es mejorar la eficiencia energética reduciendo el consumo de energía eléctrica, disminuyendo los costos operativos de la Universidad y promoviendo la sostenibilidad ambiental. El problema identificado radica en la falta de regulación por parte de la Universidad en el consumo de la energía eléctrica, la falta de sistemas y normas que controlen de manera más eficiente los diferentes equipos que se usan a diario y que representan los mayores gastos de energía eléctrica, además del aumento sostenido de los precios de la energía eléctrica en los últimos años, lo que ha incrementado los costos para la Universidad.

El plan propuesto se basa en la norma NTC-ISO 50001:2018 y se desarrollará siguiendo una metodología que incluye la recolección de datos sobre el consumo eléctrico y la ocupación del edificio, un diagnóstico energético, la creación de una matriz eléctrica, el análisis del consumo eléctrico, la identificación de los usos significativos de energía y la evaluación de los equipos de aire acondicionado dispuestos en la Universidad. Las alternativas de mejora se diseñarán y presentarán basadas en el análisis de los datos recolectados, y se estimará el potencial de ahorro energético, económico y de reducción de emisiones de CO₂ de cada una de estas de llegar a implementarlas.

La principal contribución de este proyecto es la creación de un plan de gestión eficiente de la energía que beneficiará a la Universidad Santo Tomás, reduciendo su consumo eléctrico y mejorando y fomentando la eficiencia energética y la sostenibilidad ambiental. La metodología de desarrollo emplea técnicas como la auditoría energética la cual incluye procedimientos como el análisis de datos, la evaluación de los equipos de aire acondicionado, que representan el mayor gasto energético, y la modelación de escenarios de consumo. Los resultados esperados incluyen una reducción significativa en el consumo de energía eléctrica y una disminución de los costos operativos. Este proyecto tiene posibles aplicaciones en diversas instituciones y empresas que buscan mejorar su eficiencia energética y reducir sus costos y emisiones.

Los resultados obtenidos muestran una posible reducción del 10% en el consumo eléctrico sin llegar a afectar la infraestructura de la Universidad y una reducción entre el 5% y el 30% en las propuestas de mejora para los principales usos significativos de energía.

Palabras Clave: Gestión de la Energía, Eficiencia Energética, Plan de Gestión Energética, Sostenibilidad Ambiental, Reducción de Consumo Energético, Norma NTC-ISO 50001

ABSTRACT

This document presents the design of an Efficient Energy Management Plan (PGEE) for the Aguas Claras campus of Universidad Santo Tomás, Villavicencio branch. The primary purpose of this plan is to improve energy efficiency by reducing electricity consumption, lowering the University's operating costs, and promoting environmental sustainability. The identified problem lies in the lack of regulation by the University in electricity consumption, the absence of systems and standards for more efficient control of the various equipment used daily—equipment that represents the highest electricity expenditures—and the sustained increase in electricity prices in recent years, which has raised the University's costs.

The proposed plan is based on the NTC-ISO 50001:2018 standard and will be developed following a methodology that includes collecting data on electricity consumption and building occupancy, conducting an energy diagnosis, creating an electrical matrix, analyzing electricity consumption, identifying significant energy uses, and evaluating the air conditioning equipment deployed in the University. Improvement alternatives will be designed and presented based on the analysis of collected data, estimating the energy, economic, and CO₂ emission reduction potential of each proposed measure upon implementation.

The main contribution of this project is the creation of an efficient energy management plan that will benefit Universidad Santo Tomás by reducing its electricity consumption while improving and promoting energy efficiency and environmental sustainability. The development methodology employs techniques such as energy auditing, including procedures like data analysis, evaluation of air conditioning equipment—which represents the highest energy expenditure—and modeling of consumption scenarios. The expected results include a significant reduction in electricity consumption and a decrease in operating costs. This project has potential applications in various institutions and companies seeking to improve their energy efficiency, lower costs, and reduce emissions.

The results obtained suggest a potential 10% reduction in electricity consumption without affecting the University's infrastructure and a reduction between 5% and 30% in the improvement proposals for the main significant energy uses.

KeyWords: *Energy Management, Energy Efficiency, Energy Management Plan, Environmental Sustainability, Reduction of Energy Consumption, NTC-ISO 50001 Standard*

1. INTRODUCCIÓN

Un Plan de Gestión Eficiente de la Energía, en adelante llamado PGEE por sus siglas, es un conjunto de políticas, procedimientos y acciones, diseñado para optimizar el uso de la energía dentro de una organización o instalación. Su propósito principal es mejorar la eficiencia energética, reducir los costos de energía, minimizar el impacto ambiental, y garantizar un suministro confiable de energía. Esto se logra identificando oportunidades de ahorro energético, implementando tecnologías eficientes, mejorando las prácticas operativas y formando al personal para fomentar el uso racional de la energía.

El presente proyecto aborda la creación de un PGEE para el Campus Aguas Claras de la Universidad Santo Tomás, Seccional Villavicencio, conforme a la norma NTC-ISO 50001. Este plan tiene como propósito principal mejorar la eficiencia en el uso de la energía eléctrica y reducir el consumo de los equipos, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental. La NTC-ISO 50001 es una norma internacional adoptada por Colombia mediante el INCONTEC, que establece los requisitos para un PGEE en una organización. Su propósito es permitir que las organizaciones desarrollen políticas y procesos para disminuir el consumo energético, incrementar la eficiencia, reducir los costos y emisiones de gases de efecto invernadero.

La ausencia de un PGEE en la Universidad ha resultado en un control ineficiente del gasto energético, debido en gran parte al manejo manual del encendido, apagado y regulación de los equipos eléctricos. La falta de sistemas automatizados de control, como sensores y software de gestión energética, ha impedido la optimización del consumo, lo que expone a costos elevados innecesarios. Según estudios, la implementación de estos sistemas puede reducir hasta en un 10% o más el consumo energético sin necesidad de grandes inversiones iniciales [1]. La ausencia de medidas para minimizar el uso de energía no solo aumenta los costos, sino que también desaprovecha oportunidades para reducir la huella de carbono y avanzar hacia un campus más sostenible.

El PGEE puede ser una herramienta útil para la gestión sostenible de la energía en la Universidad, y su implementación puede ser replicada en otros edificios y organizaciones para mejorar la eficiencia energética y minimizar el impacto ambiental.

En este documento se detallan los fundamentos que justifican este proyecto, los objetivos planteados, la metodología propuesta, los resultados de las actividades realizadas, conclusiones, trabajos futuros y anexos. Cada sección del documento está diseñada para guiar al lector a través del proceso de diseño del PGEE, proporcionando una visión clara y comprensiva de los pasos necesarios para alcanzar una gestión energética más eficiente y sostenible.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Es ampliamente reconocido que el mundo se encuentra inmerso en una búsqueda de fuentes de energía limpias y seguras a causa del actual cambio climático y la emisión de gases de efecto invernadero [2]. A nivel global, el sector energético representa el 65% de los gases de efecto invernadero liberados a la atmósfera [3]. En el caso de Colombia, el sector energético es el segundo sector con mayores emisiones de gases de efecto invernadero generando alrededor del 30% de estas a nivel nacional [4]. Según el “Departamental de GEI y Carbono Negro”, en el departamento del Meta, el total de emisiones es de 32.693,5 kilo toneladas de CO_2 -*eq*, lo cual corresponde a 11% del total nacional, siendo el de mayor emisión [5]. Una de las formas de mitigar el cambio climático y la emisión de gases de efecto invernadero, es el uso de energías limpias y renovables. A nivel nacional, el 70% de la energía eléctrica producida en el país ha sido mediante energía hidroeléctrica [6], si bien esto es beneficioso, ya que es una energía considerada “limpia y renovable” [7], el país ha tenido que implementar racionamientos de energía desde la década de 1990 en temporadas de sequía debido a que los embalses de agua que suministran agua a las hidroeléctricas reducen su nivel a tal grado de que si siguieran operando, ponen en riesgo al entorno donde están ubicadas al privarlas del agua, por lo cual se deben recurrir a otro tipo de energías, mayormente combustibles fósiles como carbón o gas natural por medio de plantas térmicas, para suplir la demanda de energía eléctrica del país [8]. Otra forma de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, es haciendo uso racional y eficiente de la energía; la gestión eficiente de la energía se ha convertido en un desafío para instituciones educativas y demás organizaciones, especialmente en un contexto de crecientes costos energéticos y la necesidad de alinearse con objetivos ambientales. En el caso de la Universidad Santo Tomás, seccional Villavicencio, se han registrado un aumento del 59% desde enero de 2019 hasta enero de 2024 [9] (Figura 1).

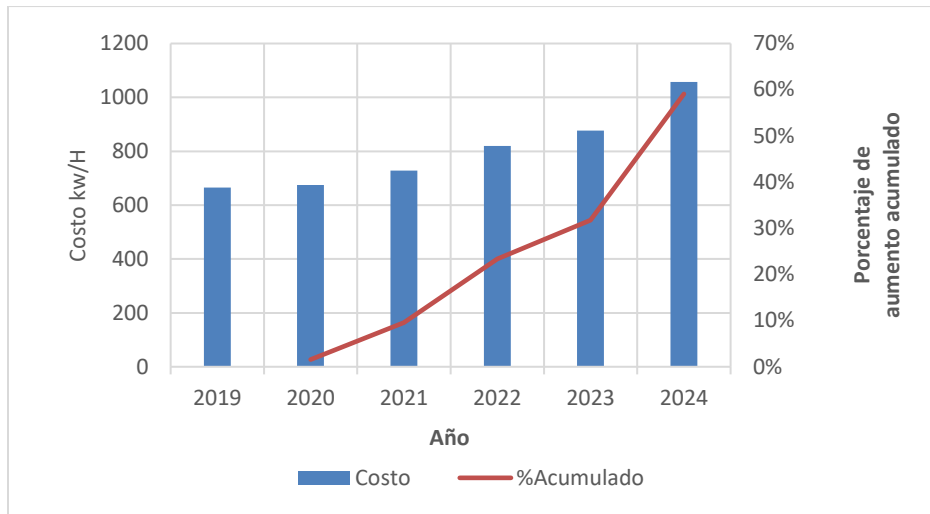


Figura 1. Costo de energía en el mes de enero de los últimos 5 años en el departamento del Meta Sector industrial comercial
Fuente: Autoría Propia.

La falta de una guía para usar racionalmente la energía no solo se traduce en un aumento de costos, también impacta directamente en el cumplimiento de los objetivos del sistema de gestión ambiental de la Universidad [10]. Uno de estos objetivos clave es la "Reducción del consumo de energía y agua en todas las sedes y seccionales", contribuyendo así a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 7 (Energía Asequible y no Contaminante), 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles) y 13 (Acción por el Clima) [11], este objetivo además se alinea con la ley del estado 697 de 2001 la cual "Declara el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional" [12].

Por lo tanto, se plantea la pregunta ¿Cómo diseñar un PGEE que permita mejorar la eficiencia energética, enfocado en reducir el consumo de energía eléctrica de la Universidad Santo Tomas Seccional Villavicencio?

3. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto tiene como objetivo justificar la necesidad de implementar un PGEE en la Universidad Santo Tomás, Seccional Villavicencio, a fin de mejorar el control y optimización del consumo eléctrico. Este proyecto busca llenar el vacío de una ruta de manejo o plan a futuro para mejorar el consumo eléctrico en la Universidad proporcionando un marco estructurado para la implementación de un PGEE basado en la norma NTC-ISO 50001:2018.

Se usará la NTC-ISO 50001 ya que es una norma adaptable a cualquier organización, cuyo objetivo es mejorar la gestión y uso de los activos y eficiencia energética de estos. Esta norma ofrece un marco universal para la gestión de la energía, es aplicable a organizaciones de todos los tamaños y sectores, en cualquier región del mundo. [13].

Además, la Universidad tiene como objetivos fijados la sostenibilidad y la reducción de su impacto ambiental [10], por lo tanto, diseñar un PGEE se alinea con estos objetivos, además esto contribuirá directamente a la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, que ya se mencionaron anteriormente [14].

Asimismo, el diseño de un PGEE proporcionaría a la Universidad la oportunidad de

equipararse con otras instituciones educativas en Colombia que ya han hecho sus respectivos estudios de eficiencia energética orientados en la construcción de sus propios planes de gestión energética en sus instalaciones, como la Universidad Nacional de Colombia [15] y la Universidad de la Salle, sede la Candelaria [16], donde se ha constatado una reducción teórica en el consumo energético del 10% y 15%, respectivamente, en sus instalaciones. Este proyecto a su vez servirá para futuras referencias o como una posible guía para demás instituciones educativas de orden superior u otras organizaciones que también estén interesadas en diseñar sus propios PGEE.

En resumen, este proyecto no solo aborda una necesidad económica para la Universidad, también sirve como una herramienta en la estrategia institucional de sostenibilidad. La importancia de este proyecto radica en la combinación de factores financieros, medioambientales y estratégicos que hacen necesario abordar de manera integral la gestión de la energía en el campus Aguas Claras. El diseño de un PGEE basado en la norma NTC-ISO 50001:2018 para su futura implementación, se presenta como la solución viable para optimizar el consumo energético, reducir costos y fortalecer el compromiso de la Universidad con la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

- Diseñar un PGEE para el campus aguas claras de la Universidad Santo Tomás seccional Villavicencio basada en la NTC ISO-50001:2018, para mejorar la eficiencia energética de la misma.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar a través de análisis estadísticos el potencial de ahorro energético, económico y de reducción de huella de carbono que se podría alcanzar en distintos escenarios deseables para la Universidad mediante la implementación de un PGEE, con el fin de determinar su viabilidad.
- Identificar las características de potencia y consumo de los equipos eléctricos en la Universidad, apoyándose en los departamentos encargados, para identificar los usos significativos de energía.
- Evaluar el rendimiento del sistema de aires acondicionados, para verificar si estos cumplen con la demanda de climatización de los salones del edificio Santo Domingo y con el consumo eléctrico esperado de estos equipos, mediante el cálculo de la demanda de carga térmica demandada al equipo.
- Establecer propuestas de mejora a la infraestructura de la Universidad analizando la infraestructura de esta y las políticas de uso actuales, para una futura implementación del PGEE según la NTC-ISO 50001:2018.

5. ALCANCE

El alcance de este proyecto busca definir de manera clara y estructurada los elementos necesarios para el diseño de un PGEE para el campus Aguas Claras de la Universidad Santo Tomás, seccional Villavicencio. Este documento establece los límites y el nivel de profundidad que se abordarán para alcanzar los objetivos planteados.

En cuanto a los requisitos y exigencias, el desarrollo de este proyecto deberá cumplir con la alineación a la norma NTC ISO 50001:2018 para la gestión de la energía, el cumplimiento de la legislación colombiana vigente en materia de uso eficiente y racional de la energía, la incorporación de buenas prácticas y estándares internacionales en eficiencia energética, y el respeto por las políticas y compromisos de sostenibilidad de la Universidad Santo Tomás.

Los principales interesados en este proyecto son la Rectoría y Vicerrectoría Administrativa de la Universidad, la Dirección de la Facultad de Ingeniería Mecánica, el Departamento de Planta Física, los estudiantes y personal administrativo. Estos grupos de interés pueden influir positiva o negativamente en el desarrollo y la implementación futura del PGEE, por lo que es crucial mantener una comunicación constante y alinear los objetivos del proyecto con sus necesidades y expectativas.

Los entregables principales del proyecto incluyen el diagnóstico energético del edificio Santo Domingo, la matriz eléctrica, la identificación de los Usos Significativos de Energía (USE), las propuestas de mejora para optimizar la eficiencia energética, la estimación del potencial de ahorro energético, económico y de reducción de emisiones de CO₂, las recomendaciones para la implementación futura del PGEE basado en la norma ISO 50001 y el documento oficial del PGEE donde se especifique la situación actual de la Universidad, los objetivos del plan, se detallen las diferentes actividades a realizar y sus responsables de llevarlas a cabo y los indicadores para evaluar el rendimiento del plan.

Las actividades a desarrollar abarcan desde la recolección de datos, el diagnóstico energético, la creación de la matriz eléctrica y de costos, el análisis del consumo de energía, la identificación de los USE, la generación de propuestas de mejora, la estimación de ahorros y la elaboración de un documento final donde se compilen los resultados del análisis de datos, la normatividad del proyecto, las diferentes tareas a seguir para una implementación del PGEE, sus respectivos responsables, el seguimiento a los indicadores del proyecto, etc. El alcance de este proyecto se centra en las fases de análisis, diagnóstico y diseño de alternativas, sin incluir la implementación y puesta en marcha del PGEE, la cual quedará como recomendación para una etapa posterior.

6. MARCO DE REFERENCIA

6.1. MARCO TEÓRICO

El marco teórico de este proyecto se basa en los conceptos fundamentales de la gestión eficiente de la energía y la norma NTC ISO 50001:2018.

- **Energía**

En economía y tecnología, energía describe a un recurso natural y a los elementos relacionados para su extracción, procesamiento y posterior uso industrial. La energía en sí misma nunca es un bien o producto para el consumo final, es un bien intermedio para satisfacer otras necesidades en la producción de bienes y servicios. [17]

- **Gestión Eficiente de la Energía**

La gestión eficiente de la energía se refiere a un enfoque estructurado y sistemático para optimizar el uso de la energía en una organización, con el objetivo de reducir costos y minimizar el impacto ambiental [18]. Esto implica la implementación de diversas estrategias y prácticas, como la mejora de procesos, la adopción de tecnologías más eficientes y la promoción de comportamientos de ahorro de energía entre los integrantes de la organización.

- **Norma NTC ISO 50001:2018**

La ISO 50001 es una norma internacional desarrollada por la Organización Internacional de Normalización (ISO) que proporciona un marco para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la energía (SGE). Su objetivo principal es ayudar a las organizaciones a mejorar su eficiencia energética, reducir los costos de energía y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero. *[ISO 50001 se basa en el modelo de sistema de gestión de mejora continua también utilizado para otras normas bien conocidas como ISO 9001 o ISO 14001. Esto facilita que las organizaciones integren la gestión de la energía en sus esfuerzos generales para mejorar la calidad y la gestión ambiental]* [13].

- **Impacto Ambiental**

Cada año, el crecimiento de la población y la digitalización de la sociedad impulsan un aumento en la demanda de energía. Este incremento también eleva el consumo de recursos naturales, las emisiones de gases y la producción de residuos, lo que afecta negativamente al medioambiente. Las consecuencias incluyen la degradación de la capa de ozono, la aceleración del cambio climático y la pérdida de biodiversidad. [19]

6.2. MARCO CONCEPTUAL

- **Plan de Gestión Eficiente de la Energía (PGEE)**

Un PGEE es un enfoque estructurado y sistemático para optimizar el uso de la energía en una organización, reduciendo costos y minimizando el impacto ambiental. El PGEE busca mejorar la eficiencia energética mediante la implementación de

diversas estrategias y prácticas, tales como la mejora de procesos, la adopción de tecnologías más eficientes y la promoción de comportamientos de ahorro de energía entre los empleados [16].

- **Eficiencia Energética**

La eficiencia energética se refiere a la capacidad de reducir el consumo de energía y aprovechar lo máximo posible la que se usa, sin afectar negativamente el desempeño o el bienestar de las personas. Se ha convertido en un tema importante a nivel mundial debido a su potencial para reducir los costos energéticos, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la seguridad energética [18].

- **Usos Significativos de Energía (USE)**

Los USE son los sistemas, procesos o equipos con consumos de energía más relevantes dentro de una organización. Identificar los USE es fundamental para enfocar los esfuerzos de mejora en las áreas con mayor potencial de ahorro energético. [20]

- **Desempeño Energético**

El desempeño energético permite a la organización evaluar y cuantificar el estado de su PGEE. Esto se logra mediante el uso de indicadores de rendimiento energético (EnPIs) y líneas de base de energía (EnBs), los cuales evidencian mejoras reales en el rendimiento energético. Si el proceso de medición se realiza de manera adecuada, la organización podrá evaluar el funcionamiento de cada uno de sus procesos en términos del uso de energía. Esto facilitará la identificación precisa de áreas que pueden ser optimizadas y aquellas que requieren acciones adicionales. [21]

- **Indicadores de Desempeño Energético**

Son métricas que permiten medir, monitorear y evaluar el desempeño energético de una organización. Algunos ejemplos son el indicador base 100 y el gráfico de sumas acumulativas (CUSUM) [20].

- **Auditoria Energética**

Es un procedimiento sistemático orientado a obtener un conocimiento detallado del perfil de consumo energético de un edificio, grupo de edificios, instalación o actividad industrial o comercial. Permite identificar y cuantificar oportunidades de ahorro energético a un costo eficiente y reportar sobre ellas. En el caso, por ejemplo, del sector transporte, la auditoría se centrará en el transporte asociado con las actividades de la empresa. [22]

6.3. ESTADO DEL ARTE

Debido a que la norma NTC-ISO 50001 es aplicable a cualquier tipo de organización y al reciente interés global en disminuir el consumo energético, hay una vasta colección de información acerca de la elaboración y/o implementación de un PGEE usando esta norma.

Para propósitos de este trabajo, se destaca el “Estudio de Eficiencia Energética en la Universidad de la Salle Sede Candelaria”, cuya finalidad es suministrar un plan de gestión que ayude a la reducción del consumo energético y con ello aumente la eficiencia del sistema para disminuir y optimizar el consumo de los mismos [16, p. 66], si bien, este estudio es del año 2015, al ser una análisis extenso y detallado, que comparte objetivos y una metodología similar a la de este proyecto, se usara como referencia sin importar su antigüedad.

Se destaca también la tesis de investigación hecha en la Universidad Nacional de Colombia, en la cual se hace una auditoria energética al campus universitario, identificando la situación energética y desarrollando y evaluando criterios para mejorar su eficiencia energética y disminuir su consumo.

A continuación, se presenta un resumen del estado del arte de los principales aportes de los trabajos anteriormente presentados y otros trabajos adicionales cuya información también es valiosa para el interés de este proyecto (Tabla 1).

Tabla 1. Estado del Arte

Descripción	Año	Aporte
Estudio de Eficiencia Energética en la Universidad de la Salle Sede Candelaria [16]	2015	Elabora y evalúa su propio PGEE tomando en cuenta datos de consumo energético y las tecnologías usadas en los sistemas de control, iluminación y equipos de cómputo, evidenciando un ahorro del 15% del consumo actual mensual
Sistema de Gestión de Energía en Tiempo Real del Campus de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá [23]	2017	Expone el sistema de gestión de energía usado en la Universidad Nacional de Colombia, describiendo su funcionamiento y como permite la iteración directa y en tiempo real entre los usuarios y el consumo de energía.

EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA EN LA UNIVERSIDAD ICESI [24]	2019	Evalúa la gestión energética de la Universidad ICESI con el fin de contribuir con un PGEE. Se evalúa el consumo energético de la Universidad, la operación de diferentes equipos como computadores y sistemas como el de iluminación, se elaboran y evalúan escenarios de mejora en donde se establece su inversión y tiempo de retribución de dicha inversión.
Criterios para la Planeación de Sistemas de Gestión de Energía en un Campus Universitario [25]	2019	Hace uso de una auditoría energética para establecer la situación energética actual del campus universitario, identifica las políticas de eficiencia energética utilizadas y los usos significativos de energía, propone criterios para la planeación de un plan de gestión energético y los evalúa para determinar su impacto y rentabilidad.
PLAN DE MEDIDAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA [1]	2023	El plan es un esfuerzo integral para hacer frente a los retos energéticos actuales mediante la implementación de medidas prácticas y la promoción de una cultura de sostenibilidad dentro de la universidad.

Fuente: Elaboración propia

6.4. MARCO NORMATIVO

A continuación, se muestra un resumen de las principales normas bajo las que se rige este proyecto, exponiendo los principales aportes de cada una (Tabla 2).

Tabla 2. Marco Normativo

<i>Ley, Decreto, Norma</i>	<i>Entidad Que La Expide</i>	<i>Descripción General</i>	<i>Capítulos o Artículos</i>
NTC ISO 50001	<i>Organización Internacional para la Estandarización u Organización Internacional de Normalización (ISO)</i>	Especifica los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la energía. El resultado previsto es permitir a la organización seguir un enfoque sistemático para lograr la mejora continua del desempeño energético y del sistema.	<i>Toda la Norma</i>

Ley 697 de 2001	<i>Congreso de la República de Colombia</i>	Declara el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional	<i>Toda la ley</i>
Objetivos de Desarrollo Sostenible	<i>ONU</i>	Los ODS son un llamamiento universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que para el 2030 todas las personas disfruten de paz y prosperidad	<i>ODS 7, 9 y 11</i>

Fuente: Elaboración propia

7. METODOLOGÍA

Esta investigación es documental-aplicada; se fundamenta en la recopilación, análisis y presentación de información existente en documentos escritos, digitales y otros tipos de registros, con el propósito de abordar de manera práctica un tema, fenómeno, evento o problema de estudio [26]. A través de este enfoque, se busca no solo describir de manera detallada y objetiva el consumo de energía del campus Aguas Claras de la Universidad Santo Tomás, Seccional Villavicencio, sino también aplicar los hallazgos para desarrollar estrategias que mejoren la eficiencia energética y optimicen el uso de recursos en la institución.

Para diseñar un PGEE eficaz, es fundamental realizar un análisis contextual. Este análisis permitirá identificar los factores internos y externos que influyen en el desempeño energético del edificio, así como las partes interesadas relevantes y sus requisitos. El objetivo final es elaborar un documento que detalle los puntos críticos de consumo eléctrico y proponga estrategias para reducirlo.

A continuación, se enumerarán y se describirán las diferentes fases que se llevarán a cabo para el desarrollo de este proyecto.

7.1. DESCRIPCIÓN DE ETAPAS Y TAREAS

Las diferentes fases de este proyecto y su progresión se pueden observar en la figura 2, a su vez a continuación estas se enumerarán y se describirá cada una de ellas.

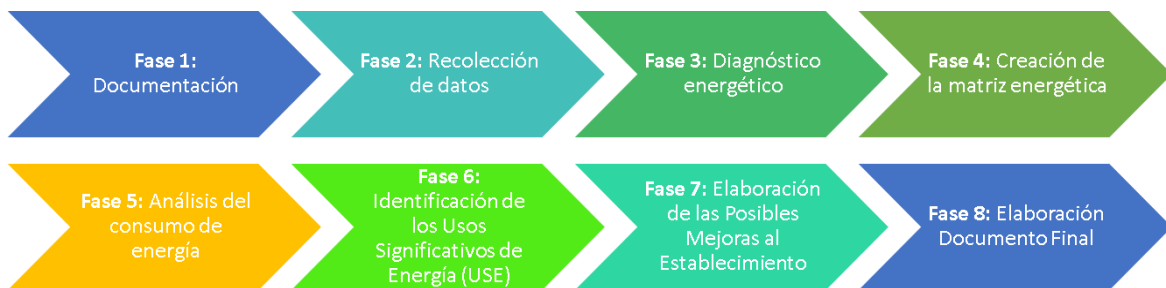


Figura 2. Etapas del proyecto

Fuente: Autoría Propia.

- **Fase 1: Documentación**

Esta fase está orientada a la instrucción por parte del estudiante en el tema de eficiencia energética, la norma NTC-ISO 50001, los requisitos y el cómo aplicar dicha norma en el objeto de estudio, etc. Se hará uso de la norma NTC-ISO 50001 ya que ofrece una solución valiosa para abordar esta problemática. Sirve como una herramienta para evaluar y priorizar mejoras en la eficiencia energética, así como para gestionar de manera más efectiva el uso y consumo de la energía.

- **Fase 2: Recolección de datos**

Esta fase está orientada a la recopilación de información sobre consumos energéticos del año 2022, inventario de equipos, consumos por equipos y

producción de la Universidad, en este caso se tomará “producción” como el número de personas que ingresan a la Universidad.

- **Fase 3: Diagnóstico energético.**

Son el conjunto de actividades que permitirán analizar el desempeño de la energía eléctrica de la Universidad, es decir, los indicadores relacionados con consumo eléctrico en este caso según la norma NTC-ISO 50001 (indicadores CUSUM y Base 100).

- **Fase 4: Creación de matriz eléctrica.**

Esto permitirá identificar la distribución del consumo eléctrico en el campus, determinando las proporciones que corresponden a climatización, refrigeración, equipos de cómputo, iluminación, y otros dispositivos conectados a la red de distribución del edificio. Para la elaboración de dicha matriz, se debe contar con información histórica de los consumos y con el inventario de equipos.

- **Fase 5: Análisis del consumo de energía.**

Este análisis permitirá conocer el comportamiento de la demanda de energía, suele realizarse en función del tiempo y generalmente se realiza con datos mensuales. Del análisis se podrá identificar la demanda promedio de energía eléctrica junto con las cargas mínimas y máximas de dicha demanda. Esto con el fin de hacer una caracterización del consumo. En este paso también se analizarán los indicadores energéticos utilizados en la norma NTC-ISO 50001 tal como el indicador base 100 y el gráfico de tendencia o de sumas acumulativas (CUSUM).

- **Fase 6: Identificación de los Usos Significativos de Energía (USE).**

Estos corresponden a los sistemas, procesos o equipos con consumos significativos de energía eléctrica o visto de otra forma, con grandes potenciales para la mejora del desempeño energético. Los USE se convertirán en el foco al cual se dirigirá la atención para la implementación de posibles acciones de mejora. Esta identificación de los USE se realizará mediante un censo de la matriz de consumo eléctrico de la Universidad que permitirá estimar los consumos finales en los diferentes equipos con base en la información de la potencia y el tiempo de utilización de estos.

- **Fase 7: Elaboración de las Posibles Mejoras al Establecimiento**

En esta etapa se generarán alternativas destinadas a optimizar la eficiencia energética y reducir las posibles pérdidas de energía eléctrica en los principales puntos de consumo identificados. Se realizará una evaluación del potencial de ahorro y se estimarán los costos asociados a la implementación de los cambios necesarios. Además, se evaluará el sistema de aires acondicionados usado en la Universidad, determinando la carga total en Watts (W) que se le demandan a un equipo de aire acondicionado en un día normal de trabajo, evaluando el calor por radiación que se filtra al salón por los muros y ventanas, el calor emanado por los equipos e iluminación usados y las personas en el lugar, esto con el fin de verificar si estos equipos son adecuados para satisfacer la demanda de refrigeración de los salones y si su consumo de energía eléctrica es el correcto, es decir, sin pérdidas.

Por simplicidad, se elaborarán estas acciones de mejora enfocadas en el edificio Santo

Domingo de la Universidad, esto dado a que es el más pequeño y antiguo de los dos edificios de la Universidad.

- **Fase 8: Elaboración Documento Final**

En esta etapa se elaborará el documento oficial del PGEE donde se expondrá los hallazgos y puntos más importantes de las anteriores etapas, se definirán las actividades a realizar para mejorar la eficiencia energética de la Universidad y se asignarán responsables de estas, además de evaluar su progreso.

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

8.1. RECOLECCIÓN DE DATOS

8.1.1. Consumo eléctrico y ocupación

Al enviar una carta a la empresa distribuidora de energía del departamento del Meta (EMSA), fue entregado un informe sobre el consumo de energía eléctrica por hora que se registró durante el año 2022 (Figura 3) (Ver anexo 1). Utilizando este registro se identificaron algunos datos clave para analizar cómo era el comportamiento del consumo en la Universidad.

Se observa que, durante el 2022, octubre fue el mes de mayor consumo en la universidad con un acumulado de 152037 kWh en el mes, seguido por los meses de septiembre y abril.

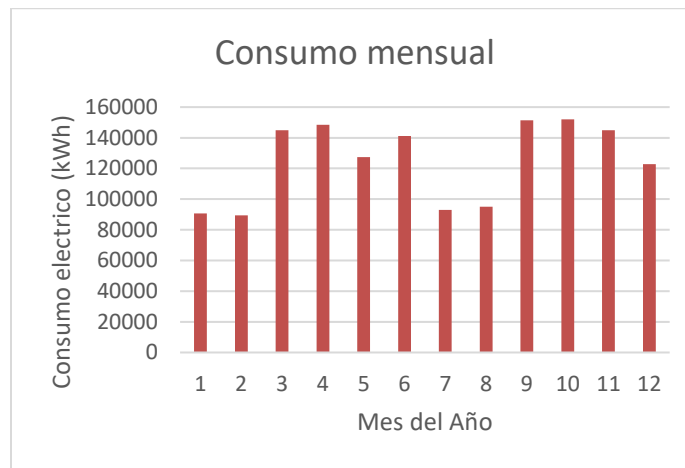


Figura 3. Consumo Mensual
Fuente: Autoría Propia.

Es importante resaltar que los meses donde menor cantidad de estudiantes hay en la Universidad son junio, julio, diciembre y enero, por las vacaciones de mitad de año y las de final de año, respectivamente. Sin embargo, el mes de junio presenta uno de los consumos más altos del año, y diciembre, aunque está por debajo del consumo promedio, tiene un consumo considerablemente mayor a enero.

Seguido de esto también se determinó el consumo promedio de cada día de la semana exceptuando los sábados y domingos, ya que representan un consumo menor en comparación con los otros días (Figura 4). Se puede ver que el martes es el día de mayor consumo, teniendo 5660 kWh en promedio.

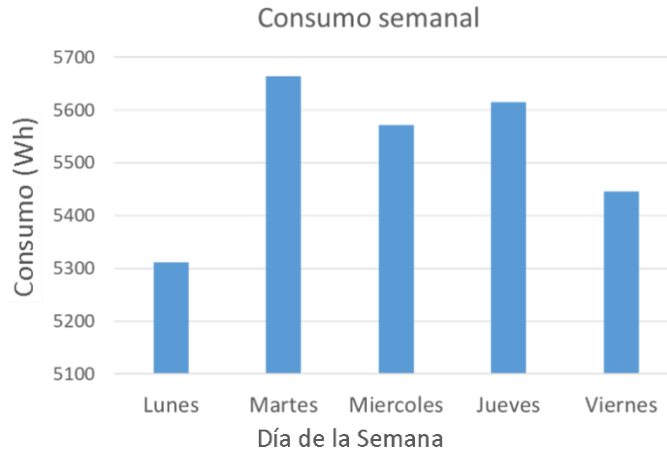


Figura 4. Consumo entre semana
Fuente: Autoría Propia.

Una vez se determinan los principales datos del consumo, se puede iniciar con la recolección de datos de la ocupación de las aulas. Según la NTC ISO-50001, se debe hacer una recolección del consumo y la producción de la empresa a la que se le quiere realizar el plan energético, es por esto que para este caso se toma el número de estudiantes en los salones como la producción.

Se le solicitó a el departamento de Registro y Control un documento donde se registraba la cantidad que había de estudiantes en cada curso, y un horario de cada salón en que mostrara que cursos había en cada hora, estos datos se pueden relacionar para obtener la ocupación a cada hora del día (Figura 5 (Ver anexo 2)).



Figura 5. Ocupación vs Hora del día
Fuente: Autoría Propia.

Se puede observar que las horas de mayor número de estudiantes es entre las 8 y las 12 de la mañana, con un promedio de 550 estudiantes en el edificio Santo Domingo de la Universidad.

Por otro lado, las horas de mayor consumo son cerca del mediodía (Figura 6), a esto se atribuye al uso del aire acondicionado por parte de los estudiantes, ya que

es la hora más calurosa del día.

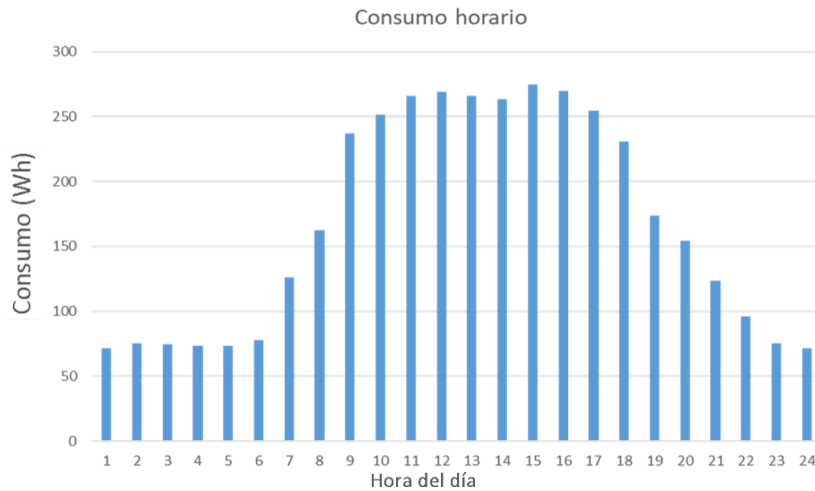


Figura 6. Consumo eléctrico vs Hora del día.
Fuente: Autoría Propia.

8.2 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

8.2.1. Indicadores Base 100 y CUSUM

8.2.1.1 Base 100

Los indicadores base 100 son herramientas utilizadas en la gestión energética, permitiendo monitorear y evaluar el desempeño energético en relación con una línea base establecida. Estos indicadores reflejan el comportamiento de los resultados del desempeño energético, tomando como referencia el valor 100, que representa el consumo de la línea base. Este indicador muestra en qué porcentaje el consumo de energía de un área, proceso o equipo, ha alcanzado el valor de la línea base energética, considerando la misma cantidad de la variable relevante utilizada para construir dicha línea base, en este caso la ocupación.

Estos indicadores permiten determinar el porcentaje de aumento o disminución en el desempeño energético, considerando factores como mejoras o disminuciones en la eficiencia de la tecnología o el proceso, cambios en las prácticas de uso de la energía, o variaciones en el consumo atribuibles al estado técnico o al mantenimiento de los equipos.

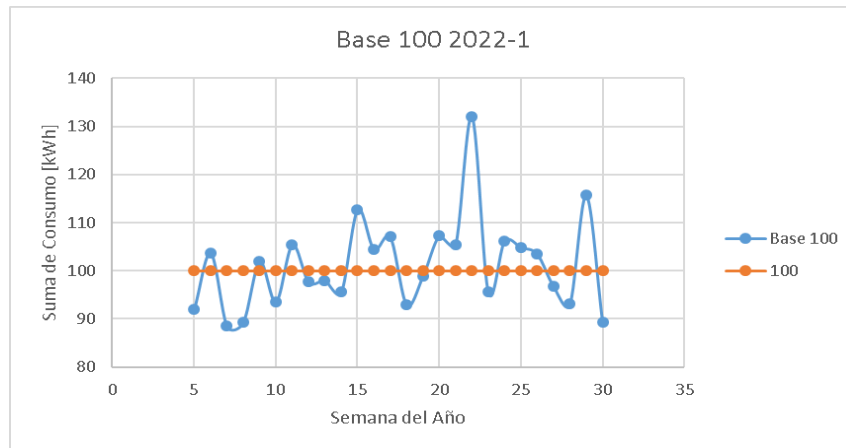
El indicador se forma por la siguiente ecuación:

$$IB_{100} = \frac{\text{Energía Consumida Según la Línea Base}}{\text{Valor Real del Consumo de Energía Medido}} * 100$$

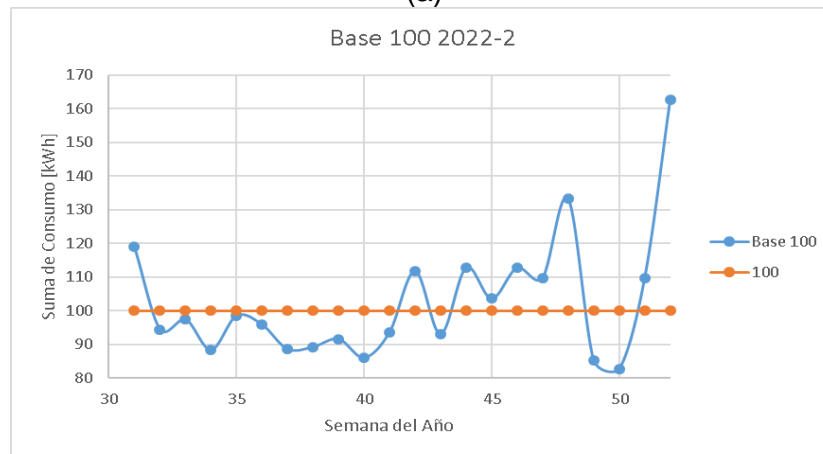
Ecuación 1. Indicador Base 100

Si el resultado de esta ecuación es mayor al 100%, indica una mejora en el consumo energético ya que la energía real consumida fue inferior al valor teórico de la línea base y viceversa, si es menor al 100% indica un consumo energético real mayor al teórico de la línea base.

Con estos conocimientos claros, se agruparon los datos de consumo y ocupación del 2022- 1 y 2022-2 en semanas, se hizo una regresión lineal con ayuda del programa Excel para generar la ecuación de la línea base y se aplicó la ecuación 1 para cada uno de estos datos como se muestra a continuación (Figura 7) (Ver anexo 3).



(a)



(b)

Figura 7. Indicador Base 100 (a) 2022-1 (b) 2022-2

Fuente: Autoría Propia.

En la figura 7 (a), se puede observar un comportamiento constante entre las semanas 5 y 21 del año, que comprende desde principios de febrero hasta finales de mayo. Durante este periodo, si bien hay varios puntos que indican un mejor consumo energético al sugerido por la línea base, estos puntos no muestran un comportamiento controlado y continuo. Esto sugiere que no es el resultado de una medida específica para mejorar el consumo energético, o que las medidas implementadas hasta el momento para regular el uso de equipos en la Universidad no están funcionando como se esperaba.

Cabe resaltar que, para los datos de la semana 15 y de la semana 23 en adelante, se utilizó una ocupación de 0 para hacer los cálculos de la línea base y la base 100. Esto se debe a que en la semana 15 no hubo clases por la celebración de Semana

Santa, y después de la semana 23 ya habría finalizado el periodo de clases para los estudiantes.

En la figura 7 (b), se puede observar un comportamiento constante, donde hubo una mejora energética entre las semanas 31 y 41. Así mismo, se aprecia un comportamiento constante entre las semanas 42 y 48, que sugiere un consumo energético mayor al de la línea base.

8.2.1.2 Indicador CUSUM

Los gráficos CUSUM (Suma Acumulada) se basan en la representación de la acumulación de las desviaciones de cada consumo energético real con respecto a un valor de referencia. Esta técnica permite obtener la suma acumulativa de las diferencias entre el consumo energético real y el consumo de la línea base energética. Estos gráficos CUSUM sirven como un indicador de la tendencia del desempeño energético. Una tendencia ascendente por encima del valor cero refleja que el consumo energético real es mayor al consumo establecido por la línea base. Por el contrario, una tendencia descendente por debajo del valor cero indica que el consumo energético real es menor al consumo de la línea base.

Para calcular la suma acumulativa, se debe determinar la diferencia entre el consumo energético real (E_r) y el consumo de la línea base energética (ELB) en cada semana. Luego, se suman estas diferencias de forma acumulativa, de modo que:

$$CUSUM = (E_r - ELB)_i + (E_r - ELB)_{i-1}$$

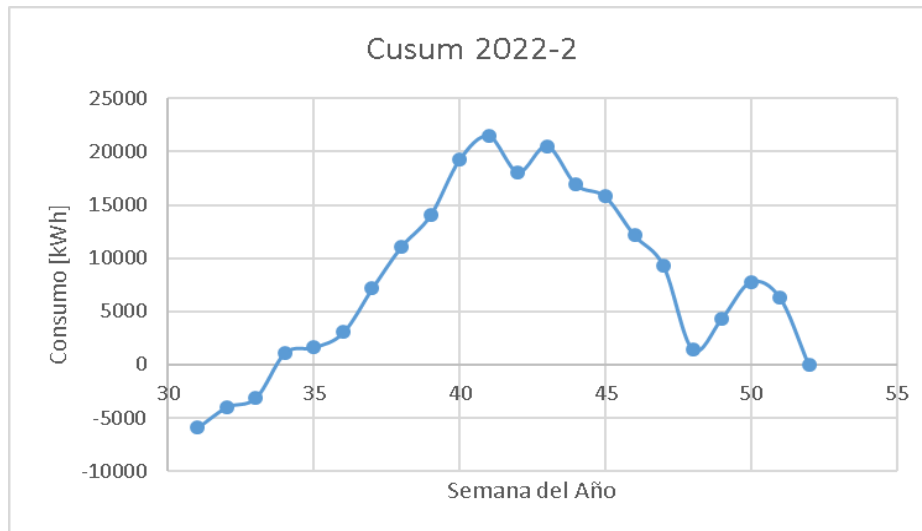
Ecuación 2. Indicador de Sumas Acumuladas

Donde i representa el periodo actual y $i-1$ el periodo anterior.

De esta manera, los gráficos CUSUM permiten visualizar y monitorear las variaciones en el consumo de energía a lo largo del tiempo, facilitando la identificación de desviaciones respecto a la línea base y la evaluación del impacto de las medidas de eficiencia energética implementadas (ver anexo 4).



(a)



(b)

Figura 8. Indicador CUSUM (a) 2022-1 (b) 2022-2

Fuente: Autoría Propia.

En los gráficos CUSUM de cada semestre de 2022 (Figura 8(a) y 8(b)), se observa un patrón similar. Durante las semanas que abarcan el inicio y finalización de los periodos académicos en ambos semestres, se aprecia una notable tendencia ascendente por encima del valor cero. Esto evidencia que el consumo eléctrico real fue mayor al consumo según la línea base establecida. Al finalizar los periodos de clases, se observa cómo la tendencia comienza a descender, llegando incluso a ubicarse por debajo de la línea cero en el caso del primer semestre de 2022.

Este comportamiento confirma lo que se esperaba: durante los periodos académicos, el consumo eléctrico aumenta en comparación con la línea base debido al mayor uso de las instalaciones y equipos. Al finalizar las clases, tal como era previsible, el consumo disminuye, llegando incluso a ubicarse por debajo de la línea base. Estos resultados corroboran las tendencias esperadas en función de la ocupación y uso de recursos.

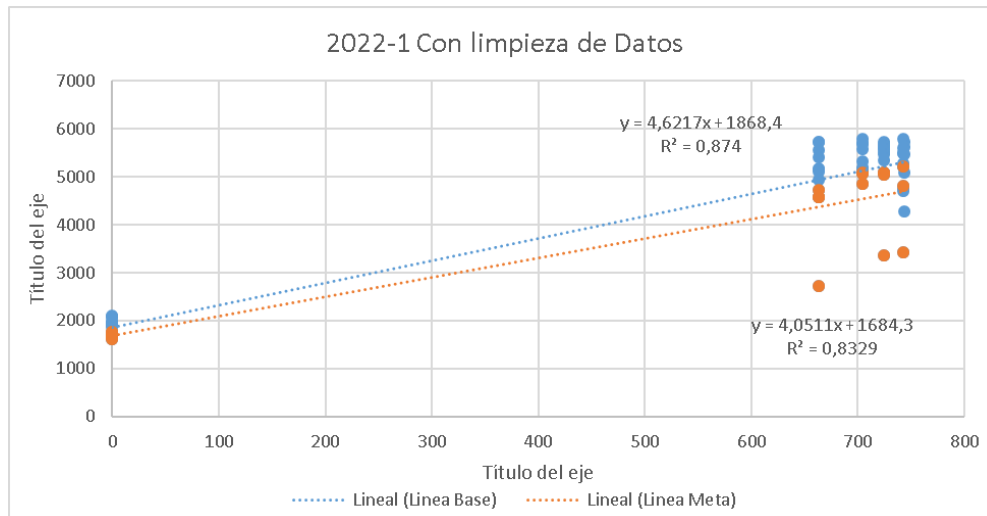
Según los indicadores base 100 y CUSUM, las medidas implementadas en 2022 para mejorar el consumo eléctrico de la Universidad no han sido suficientes. El consumo real sigue siendo mayor al de la línea base, especialmente en épocas de alta demanda. Por lo tanto, es viable desarrollar un PGEE para abordar este problema.

8.2.2. Línea Base y Línea Meta

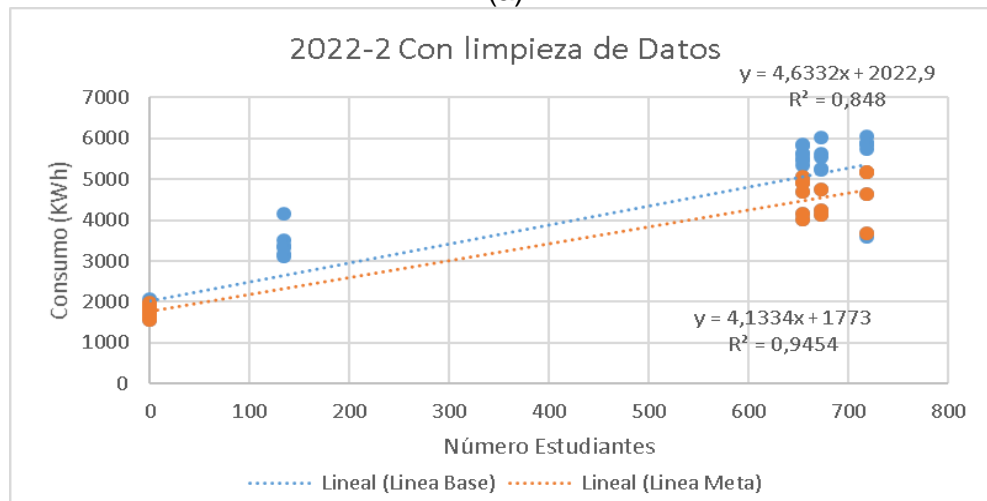
Reorganizando la información esta vez de forma diaria (ver anexo 5), es posible desarrollar un modelo matemático con una regresión lineal utilizando la ocupación diaria y asimismo el consumo que le corresponde a ese día. Se graficó una regresión lineal con cada uno de estos puntos (ver anexo 6), sin embargo, se eliminaron datos atípicos, que se asumen a días en los que se fue el servicio de energía, días festivos, semana santa, entre otros, utilizando un diagrama de caja y bigotes, lo cual permitió alcanzar una correlación mucho más alta a la que se tenía anteriormente. Para generar estos diagramas de cajas y bigotes para los datos de consumo y ocupación,

se hizo uso del programa Statgraphics (ver anexo 7).

El análisis se realizó para ambos semestres del año (2022-1 y 2022-2), ya que los horarios en cada salón y por correspondiente los datos de ocupación son diferentes. Se puede observar la línea base que representa el consumo de la Universidad normal, y debajo de está la línea meta (Figura 9). Para elaborar la línea meta se utilizaron los datos por debajo de la línea base, con los cuales se realizó una regresión lineal para calcular el consumo que tendría la Universidad al implementar el plan de gestión energético.



(a)



(b)

Figura 9. Línea Base y Línea Meta (a) 2022-1, (b) 2022-2

Fuente: Autoría Propia.

8.2.2.1. Potencial de ahorro

Teniendo las líneas base y meta, se estima el consumo mensual de la Universidad, y el monto que se paga mensualmente, con la línea meta se calcula que porcentaje se reduce el consumo, y cuanto se puede ahorrar. Esto se realizó comparando el promedio de los resultados de las ecuaciones de la línea base y de la línea meta.

Se redactó una carta a la EMSA para solicitar el costo de un kWh ya que la Universidad está inscrita como un cliente no regulado y su valor es diferente al estándar. En la tabla 3 se registran los datos del costo mensual de servicio eléctrico y el ahorro que se tendría implementando un plan de gestión de energía, evidenciando una reducción del 10% en el consumo mensual.

Tabla 3. Estimación de Ahorro del Proyecto

Costo kWh (COP)	\$ 495	Costo kWh (COP)	\$ 495
Consumo mensual LB (kWh)	25123	Consumo mensual LB (kWh)	51292
Consumo mensual LM (kWh)	22669	Consumo mensual LM (kWh)	45339
Ahorro mensual (kWh)	2454	Ahorro mensual (kWh)	5953
Reducción (%) 2022-1	9,8%	Reducción (%) 2022-2	11,6%
Consumo mensual LB (COP)	\$ 12.444.698,69	Consumo mensual LB (COP)	\$ 25.408.177,70
Consumo mensual LM (COP)	\$ 11.229.148	Consumo mensual LM (COP)	\$ 22.459.357
Ahorro mensual (COP)	\$ 1.215.550	Ahorro mensual (COP)	\$ 2.948.820
Factor de emisiones (g/kWh)	164,38	Factor de emisiones (g/kWh)	164,38
Emisiones ahorradas (kg/mes)	403,4	Emisiones ahorradas (kg/mes)	978,5

Fuente: Autoría Propia.

8.2.3. Elaboración de la matriz eléctrica

Se contactó con el departamento de Planta Física de la Universidad y con el departamento de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICS) y se les solicito especificaciones sobre referencias de equipo y potencia en Watts (W) de los aires acondicionados (AA) y equipos de cómputo que hay en los diferentes espacios de la Universidad. Para los equipos de iluminación y televisores los departamentos no contaban con su información, por lo tanto, se tuvo que recorrer cada piso del edificio Santo Domingo y tomar nota de estos equipos para posteriormente hacer la búsqueda de su referencia y respectiva potencia (ver anexo 8).

Al recopilar esta información se pudo observar un aproximado de que conjunto de equipos consume más energía eléctrica a comparación de los demás suponiendo que todos estos están funcionando al mismo tiempo (Figura 10). En donde los equipos de aire acondicionado (incluyendo las unidades externas de condensación) son el mayor gasto energético que la Universidad presenta, seguidos muy de cerca por el gasto de los equipos de cómputo. Esto concuerda con los datos de consumo por hora de la Universidad donde el mayor consumo es alrededor del mediodía, cuando hace más calor (Figura 6).

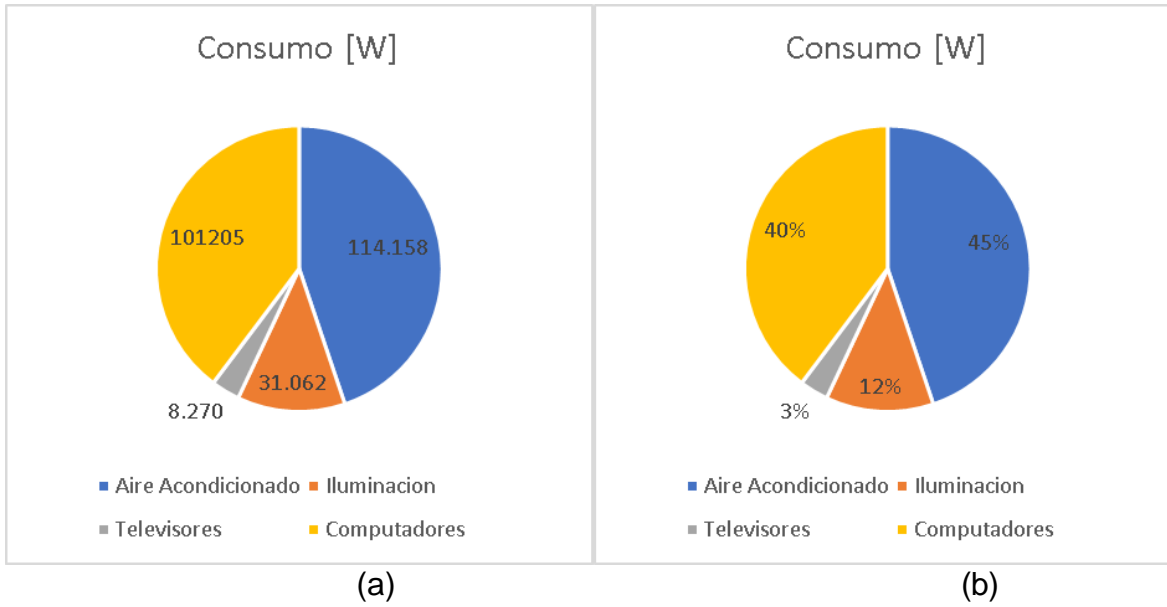


Figura 10. Matriz eléctrica del Edificio Santo Domingo (a) Comparación del consumo en Watts, (b) Comparación del consumo en porcentaje
Fuente: Autoría Propia.

8.2.4. Información sobre el uso de los equipos

Se contactó con el departamento de las TICS, ya que son los encargados del manejo de los equipos evaluados (AA, televisores, computadores e iluminación) en toda la Universidad, se les preguntó acerca como controlan y monitorean al pasar de un día normal de la Universidad.

Se obtuvo la siguiente información:

- Los AA de cada uno de los salones no se activan a no ser que un profesor o estudiante haga la solicitud al departamento de las Tics.
- Los AA de las áreas administrativas y oficinas se activan a las 8 am y se apagan a las 5 pm
- El encendido, apagado y temperatura de los AA se monitorean y controlan mediante el programa AC Smart Connect Tool de la empresa LG.
- Toda la iluminación se enciende o apaga por medio de interruptores ubicados en cada uno de los espacios de la Universidad.
- La iluminación de las zonas comunes (pasillos, cafetería, lobby) se encienden desde las 6 pm hasta las 10 pm o cuando el día este lo suficientemente oscuro y esto se requiera.
- Los televisores informativos de los pasillos de las áreas comunes se encienden de 6 am hasta las 10pm.
- Se hacen rondas cada hora para encontrar en que salones en ese momento están vacíos para apagar el AA, televisor e iluminación en caso de que estén encendidos.
- Al hacer las rondas, si un salón se encuentra ocupado, pero sus ventanas están abiertas, se apagará su AA en caso de que este encendido.

8.3. EVALUACIÓN DE LAS UNIDADES DE AIRES ACONDICIONADO

El programa "Cargas" de la Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR) es una herramienta de cálculo diseñada para facilitar el dimensionamiento de sistemas de climatización. Este software se especializa en la estimación de cargas térmicas, tanto de calefacción como de refrigeración, necesarias para mantener el confort térmico en edificios. Para ello, considera diversos factores, como la envolvente térmica del edificio, las condiciones climáticas locales, la ocupación, las fuentes internas de calor y la ventilación. Permite calcular las necesidades de climatización para distintos tipos de edificaciones, desde viviendas hasta edificios comerciales e industriales, optimizando así el diseño de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC).

En este caso, se utilizó el programa para evaluar si los AA instalados en los salones del edificio Santo Domingo son capaces de suplir la demanda térmica. Para ello, se descargaron los datos climáticos de la ciudad de Villavicencio correspondientes al año 2022 desde la base de datos del IDEAM, entre estos, la altura sobre el nivel del mar, humedad relativa, temperaturas seca y húmeda máximas y mínimas, y la temperatura media mensual.

Se introdujeron estos datos en el programa para calcular la carga térmica de un salón de 6 m x 6,5 m x 2,5 m, tomando como referencia el salón 507, ubicado en un extremo del edificio Santo Domingo, lo que implica una mayor exposición solar en comparación con los demás. Se estableció una temperatura de refrigeración de 20 °C y una humedad relativa del 45 %. Además, se ingresaron las dimensiones de las ventanas del salón, los equipos presentes (luces y computadores) y una ocupación máxima de 30 personas con actividad ligera a lo largo del día (ver anexo 9).

Con esta información, el programa calculó que el momento de mayor demanda térmica ocurre a las 15:00 horas, con una demanda de carga térmica de 7.552 kW. Actualmente, los salones del edificio Santo Domingo están equipados con unidades de aire acondicionado modelo ARNU42GTMC2 de LG, que tienen una capacidad de 12,317 kW (42.000 BTU), lo que indica que son adecuadas para cubrir la carga térmica máxima en el momento de más demanda del día.

8.4. ALTERNATIVAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

8.4.1. Implementación de sensores en AA

El programa usado para el monitoreo y control de los AA (AC Smart Connect Tool de la empresa LG) cuenta con una opción de Ampliación Flexible Con Interconexión, permitiendo que el sistema de control se amplíe y se pueda interconectar con dispositivos de terceros, tales como sensores de ocupación.

Implementar sensores de ocupación y enlazarlos con el sistema de control ayudaría a

reducir significativamente el consumo de los AA, ya que estos se apagarían automáticamente si no se detecta presencia de alguien en el salón tras cierto tiempo, reduciendo el uso innecesario. Esta opción a la vez resultaría más efectiva que la medida actual de realizar la búsqueda manualmente de salones vacíos.

8.4.1.1. Costo de inversión

La idea de esta iniciativa es instalar sensores de techo SEN23, el cual cuenta con un alcance de hasta 6 metros a la redonda, en los 37 salones que están distribuidos en los cinco pisos del edificio Santo Domingo de la Universidad. La unidad de estos sensores cuesta alrededor de \$30.000 COP por lo cual se estima un costo de inversión de \$ 2.225.000 COP, contando la mano de obra para instalar los sensores.

8.4.1.2. Tiempo de retorno de la inversión

Tabla 4. Tiempo de retorno de la Inversión de los Sensores

Consumo Sistema AA Salones [kW]	114
Disminucion del Consumo Electrico	5%
Valor kWh Usta Villavicencio [\$/kWh]	495,36
Hora de Uso al Mes	120
Consumo "Actual" [COP]	\$ 6.776.525
Consumo Nuevo [COP]	\$ 6.437.699
Ahorro/Mes [COP/Mes]	\$ 338.826
Valor Inversión Sensores [COP]	\$ 2.225.000
Factor de emisiones [KgCO ₂ /kWh]	0,368
Reducción de emisiones [KgCO ₂ /Año]	63000,28109
Tiempo Retorno Inversión (Meses)	7

Fuente: Autoría Propia.

Según documentación encontrada, la correcta implementación de un sistema de sensores, incluyendo sensores de movimiento, puede reducir el consumo de energía eléctrica de un aire acondicionado en un 10% [27]. No obstante, para este caso se tomó un ahorro del 5% del consumo de los AA y las unidades condensadoras de los salones como el caso menos favorable al implementar en el sistema de AA sensores de movimiento. En este caso, se ahorrarían al mes alrededor de \$338.826 COP (Trescientos treinta y ocho mil ochocientos veintiséis pesos colombianos), lo cual equivale a un retorno a la inversión inicial realizada en aproximadamente 7 meses.

8.4.2. Cambio de ventanas

Se exploró la opción de cambiar las ventanas de vidrio simple por ventanas de doble panel (vidrio-aire-vidrio) con el fin de reducir el consumo eléctrico de los AA, ya que las ventanas de doble panel tienen un coeficiente de transferencia de calor "U" más bajo a comparación de las ventanas sencillas y por lo tanto son más aislantes, llegando a tener un coeficiente U un 55% más elevado frente a las ventanas sencillas [28].

8.4.2.1. Costo de inversión

Para esto, se tomaron medidas de las ventanas de los salones de los pisos del edificio y se calcularon las diferentes superficies (áreas) de cada ventana. Se hizo uso del programa "Generador de Precios Colombia" de la empresa "CYPE Ingenieros S.A", ya que nos permite obtener un aproximado del valor de la compra,

instalación, mano de obra y gastos menores de instalación de una ventana. Se seleccionó vidrio de doble acristalamiento estándar, 4/6/4, conjunto formado por vidrio exterior Float incoloro de 4 mm, cámara de aire deshidratada con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, de 6 mm, y vidrio interior Float incoloro de 4 mm de espesor, se varió la superficie de la hoja de vidrio de acuerdo a las superficies de los diferentes salones y se obtuvo el valor unitario del cambio de cada ventana. Adicional, se hizo ajuste de los precios del software, ya que, basándonos en el costo de mano de obra según el software se concluyó que los precios no habían sido actualizados desde el año 2019, por lo tanto, basándonos en el incremento del SMLV desde 2019 hasta la actualidad, los precios habrán aumentado al menos un 37% de lo que apunta el programa.

Tabla 5. Costo de la Renovación de Ventanas en el Bloque A

Cambio Ventanas Salones Bloque A	Area Promedio [m ²]	Costo Unitario [COP]	Costo Total [COP]
Primer piso	4,059466667	\$ 136.575	\$ 819.450
Primer piso pasillo	8,297733333	\$ 166.116	\$ 996.694
Segundo piso	3,84	\$ 132.583	\$ 795.498
Segundo piso pasillo	4,992	\$ 136.575	\$ 819.450
Tercer piso	3,940885714	\$ 132.583	\$ 1.193.247
Tercer piso pasillo	6,946657143	\$ 154.140	\$ 1.387.258
Cuarto piso	4,6592	\$ 136.575	\$ 1.229.175
Cuarto piso pasillo	6,3936	\$ 154.140	\$ 1.387.258
Quinto piso	4,1168	\$ 136.575	\$ 1.229.175
Quinto piso pasillo	5,4668	\$ 144.559	\$ 1.301.030
		Total	\$ 11.158.234

Fuente: Autoría Propia.

Haciendo cálculos simples, se estima que el costo de hacer esta renovación es alrededor de los \$11.158.234 COP, pero se espera que sea superior a esto.

8.4.2.2. Tiempo de retorno de la inversión

Tomando en cuenta el consumo solo de los AA y las unidades condensadoras de los salones y suponiendo que cada uno funciona un aproximado de 6 horas al día en un mes de funcionamiento normal en la Universidad, se puede estimar el consumo de estos equipos con el valor impuesto a un kWh. Con estos datos se calculó el valor del consumo actual de los equipos de AA de los salones de la Universidad.

Tabla 6. Retorno a la inversión de la renovación de Ventanas en el Bloque A

Consumo Sistema AA Salones [kW]	114
Disminucion del Consumo Electrico	30%
Valor kWh Usta Villavicencio [\$/kWh]	495,36
Hora de Uso al Mes	120
Consumo "Actual" [COP]	\$ 6.776.525
Consumo Nuevo [COP]	\$ 4.743.567
Ahorro/Mes [COP/Mes]	\$ 2.032.957
Valor Inversión Ventanas [COP]	\$ 11.158.234
Factor de emisiones [KgCO ₂ /kWh]	0,368
Reducción de emisiones [KgCO ₂ /Año]	63000,28109
Tiempo Retorno Inversión (Meses)	5

Fuente: Autoría Propia.

Según documentación [29], el ahorro en consumo de energía de sistemas de calefacción y refrigeración al implementar ventanas de doble panel es de aproximadamente el 30%. Haciendo los respectivos cálculos, se obtuvo un ahorro económico mensual aproximado de \$2,032,957 COP (Dos millones treinta y dos mil novecientos cincuenta y siete pesos colombianos), lo cual significaría un retorno a la inversión del cambio de ventanas en aproximadamente 5 meses.

8.4.3. Instalar aplicaciones informáticas para disminuir el consumo eléctrico en los computadores

Es normal que los computadores dispuestos para el uso de los estudiantes en las salas de sistemas de la Universidad sean dejados indebidamente apagados y por lo cual sigan consumiendo y desperdiciando energía. La implementación de un programa con el cual poder apagar los computadores inactivos tras un cierto tiempo ahorraría este gasto innecesario.

Para esto se propone la instalación del programa Verdiem de la empresa INGNITETECH la cual permite configurar el sistema operativo para suspender automáticamente la pantalla y disco duro del equipo después de un tiempo definido de inactividad. Además, este programa permite monitorear y reducir el consumo de energía del dispositivo en tiempo real.

8.4.3.1. Costo de inversión

Verdiem es un programa de licencia por suscripción, el precio de Verdiem es de \$6.30 USD por computadora de escritorio al año, el cual garantiza un ahorro entre 30-60% en los costos de energía del dispositivo [30]. Para lo cual, para los 384 computadores a disposición de los estudiantes y del personal administrativo, se necesitaría alrededor de \$ 10.962.208 COP (Diez millones novecientos sesenta y dos mil doscientos ocho pesos colombianos) para compra y mano de obra para la instalación del programa en los computadores.

8.4.3.2. Tiempo de retorno de la inversión

Tabla 7. Retorno de la inversión de las licencias Verdiem

Consumo Computadores [kW]	101,205
Disminución del Consumo Electrico	30%
Valor kWh Usta Villavicencio [\$/kWh]	495,36
Hora de Uso al Mes	180
Consumo "Actual" [COP]	\$ 9.023.924
Consumo Nuevo [COP]	\$ 6.316.747
Ahorro/Mes [COP/Mes]	\$ 2.707.177
Valor Inversión Licencias [COP]	\$ 10.962.208
Factor de emisiones [KgCO ₂ /kWh]	0,368
Reducción de emisiones [KgCO ₂ /Año]	19306,9993
Tiempo Retorno Inversión (Meses)	4

Fuente: Autoría Propia.

Suponiendo el caso menos favorable de un ahorro de solo el 30% sobre el consumo de los computadores del edificio Santo Domingo, se ahorrarían al mes aproximadamente \$2.707.177 COP (dos millones setecientos siete mil ciento setenta y siete pesos colombianos), lo cual equivale un retorno a la inversión en aproximadamente 4 meses.

8.4.4. Cambio del sistema de iluminación

Basado en el inventario de iluminación hecho, el 49% de las lámparas del sistema de iluminación siguen siendo del tipo fluorescente y el restante paneles led (Ver anexo 10). Es ampliamente conocido que las paneles led son más ahorradoras que las luces fluorescentes, aproximadamente un 70% más eficiente que la tecnología fluorescente tanto en consumo de energía como en eficiencia luminosa [31], por lo cual, terminar de cambiar el sistema de iluminación para ser completamente por paneles led a largo plazo es una buena opción a considerar a largo plazo para reducir el consumo eléctrico de la Universidad.

8.4.4.1. Costo de inversión

El 49% de las lámparas fluorescentes comprende una cantidad de 208 lámparas rectangulares de dos tubos fluorescentes de 56 W cada una y 266 lámparas circulares con bombillos fluorescentes de 26 W cada una. Se piensa reemplazar las lámparas rectangulares por paneles led de 30x120 cm y 40W y las lámparas circulares por paneles led circulares de 8" y 18W. La reducción del consumo y el costo de inversión al implementar esta medida se evidencia en la tabla 8.

Tabla 8. (a) Reducción del consumo al implementar paneles led, (b) Costo de la inversión.

		#Lamparas	Potencia [W]	
			Sistema Actual	Sistema Led
Led Actuales	Rectangulares	365	17520	17520
	Circulares	121	2178	2178
Fluorescentes Actuales	Rectangulares	208	11648	9984
	Circulares	266	13832	4788
Total			45178	34470

(a)

Fuente: Autoría Propia.

	#Lamparas	Valor Unitario	Valor Total
Circulares	266	\$ 10.000	\$ 2.660.000
Rectangulares	208	\$ 79.000	\$ 16.432.000
Costo Inversion			\$ 19.092.000

(b)

Fuente: Autoría Propia.

Para estimar el consumo del sistema actual de iluminación y el ahorro al implementar los nuevos paneles led, se supuso un aproximado de 6 horas de uso diario en un mes de funcionamiento normal en la Universidad, con esto se calculó el consumo de ambos escenarios, el ahorro económico mensual y el retorno en la inversión.

Tabla 9. Retorno a la Inversión al renovar el sistema de iluminación

Consumo Sistema Iluminación [kW]	45,178
Disminucion del Consumo Electrico	24%
Valor kWh Usta Villavicencio [\$/kWh]	495,36
Hora de Uso al Mes	120
Consumo "Actual" [COP]	\$ 2.685.525
Consumo Nuevo [COP]	\$ 2.040.999
Ahorro/Mes [COP/Mes]	\$ 644.526
Valor Inversión Iluminación [COP]	\$ 19.092.000
Factor de emisiones [KgCO2/kWh]	0,368
Reducción de emisiones [KgCO2/Año]	5745,774182
Tiempo Retorno Inversión (Meses)	30

Fuente: Autoría Propia.

8.4.5. Análisis global

Analizándolo desde una perspectiva más general, el costo total de inversión de las alternativas de mejora sería alrededor de \$43.437.442 COP, y los ahorros en total de implementar estas mejoras serán de \$5.723.486 COP al mes, lo cual significaría un retorno total de la inversión en aproximadamente 7.5 meses.

Tabla 10. Retorno Global de la Inversión

Alternativas de Mejora	Inversion	Ahorro/Mes
Implementacion sensores	\$ 2.225.000	\$ 338.826
Cambio de Ventanas	\$ 11.158.234	\$ 2.032.957
Cambio de Iluminacion	\$ 19.092.000	\$ 644.526
Licencias Computadores	\$ 10.962.208	\$ 2.707.177
Total	\$ 43.437.442	\$ 5.723.486

Fuente: Autoría Propia.

8.4.6. Concientización de la situación energética en la Universidad

La instrucción por parte de las directivas hacia los estudiantes, la planta docente, planta administrativa y demás, para concientizar sobre la importancia del ahorro energético es importante ya que estaría tomando medidas contra el consumo energético desmedido a corto plazo. Para esto se puede optar por instalar letreros a las salidas de los salones de clase y baños recordando apagar la luz, televisores y llamar a el departamento de las Tics para apagar el AA, según corresponda.

9. RESULTADOS E IMPACTOS

Gracias al trabajo realizado en este proyecto, se ha logrado identificar con éxito los períodos del año y los momentos específicos de un día normal de trabajo en la universidad en los que el consumo de energía alcanza su punto máximo (Figura 3 y 6). Además, se ha demostrado una correlación significativa entre la ocupación y el consumo eléctrico, evidenciando que este último depende en gran medida de la afluencia de personas (Figura 9). Por otro lado, a través del inventario de los principales equipos de la Universidad, se identificaron los usos significativos de energía (USE), destacando que los sistemas de aire acondicionado y de cómputo son los mayores consumidores (Figura 10).

Mediante el análisis de los gráficos de línea base y línea meta, se evidenció un ahorro aproximado del 10% en el consumo mensual actual al implementar medidas de eficiencia energética básicas, lo que demuestra la viabilidad y rentabilidad de estas iniciativas (Tabla 3).

Con la información recopilada del inventario de equipos y su manejo, se desarrollaron estrategias de mejora para la infraestructura de la Universidad, enfocándose en los principales USE identificados, donde cada una de estas presentan un ahorro significativo, entre el 5% y el 30% con respecto al consumo actual.

Tabla 11. Resultados e Impactos

Resultado	Indicador	Objetivo Relacionado
Horas de mayor consumo energético y ocupación	Análisis de los datos obtenidos	Objetivo específico 1
Creación de inventario de equipos de la Universidad	Matriz eléctrica	Objetivo específico 2
Análisis de los datos de ocupación y consumo recolectados	Línea Base, Línea Meta, Base 100 y Cusum	Objetivo específico 2
Estimación del ahorro (energético, económico y ambiental) al implementar un PGEE	Consumo energético	Objetivo específico 2
Informe de la demanda de carga de los AA y si los equipos actuales satisfacen esta demanda	Coefficiente de Eficiencia Energética	Objetivo específico 3
Elaboración de posibles mejoras al establecimiento	Elaboración del documento	Objetivo específico 4

Fuente: Autoría Propia.

10. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

10.2. CONCLUSIONES

El diseño e implementación de un PGEE para el edificio Santo Domingo de la Universidad Santo Tomás, seccional Villavicencio, ha demostrado ser una estrategia viable para abordar los desafíos relacionados con el consumo energético y los costos asociados. A través de un análisis exhaustivo del consumo energético y la elaboración de la matriz eléctrica (Figura 10) se identificaron los USE, entre estos los que más sobresalen son los AA y los computadores.

La aplicación de la norma NTC ISO 50001:2018 proporciona un marco estructurado que no solo optimiza el uso de la energía, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental de la institución. Los resultados obtenidos indican que la implementación del PGEE puede generar ahorros energéticos de alrededor del 10% del consumo actual, así como una reducción de la huella de carbono (Tabla 3). Asimismo, el cálculo de la demanda de carga en uno de los salones con mayor exposición a la irradiación solar evidenció que las unidades de aire acondicionado instaladas, con una capacidad de 12.317 kW, son capaces de suplir satisfactoriamente la carga térmica requerida, estimada en 7.552 kW, siempre que operen en condiciones óptimas.

Además, los cambios propuestos para la infraestructura aseguran una mejora al consumo eléctrico significativo (entre el 5% y el 30%) en cada uno de los USE (Tabla 4, Tabla 6, Tabla 7 y Tabla 9) y un retorno a la inversión en solo un par de meses (Tabla 10). Este proyecto no solo beneficia a la Universidad en términos económicos, sino que también refuerza su compromiso con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente en relación con la energía asequible y la acción por el clima.

10.3. TRABAJOS FUTUROS

- Para continuar con la mejora en la gestión energética de la Universidad Santo Tomás, se sugiere, además de considerar implementar este PGEE y las medidas propuestas en este, realizar investigaciones enfocadas en:
- Monitoreo en Tiempo Real: Implementar un sistema de monitoreo en tiempo real del consumo eléctrico que permita evaluar la efectividad de las medidas adoptadas y realizar ajustes en tiempo real.
- Estudios de Caso: Desarrollar estudios de caso en otras seccionales de la Universidad o en instituciones similares que hayan implementado PGEE, para compartir buenas prácticas, lecciones aprendidas y demás información.
- Evaluación de Tecnologías Emergentes: Investigar la viabilidad de incorporar tecnologías emergentes, como sistemas de energía renovable (paneles solares, por ejemplo), que complementen las estrategias de eficiencia energética.
- Programas de Concientización: Ampliar los programas de concientización y capacitación para incluir a todos los miembros de la comunidad universitaria, fomentando una cultura de sostenibilidad.
- Investigación de Impacto: Realizar un análisis de impacto a largo plazo del

PGEE en términos de costos, ahorro energético y reducción de emisiones, para evaluar su efectividad y justificar futuras inversiones.

11. BIBLIOGRAFÍA

- [1] UNIVERSIDAD DE VALLADOLID « Plan de medidas de ahorro y eficiencia energética» 2023. [En línea]. Available: https://sostenibilidad.uva.es/export/sites/ocas/_documentos/PLAN-DE-MEDIDAS-DE-AHORRO-Y-EFICIENCIA-ENERGETICA-UVa23.pdf.
- [2] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS, «¿Qué es el cambio climático?,» 2024. [En línea]. Available: www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change.
- [3] J. GALLEGU, «Emisiones de CO2 del sector energético y fuentes renovables en América Latina y el Caribe,» Cepei, 2021. [En línea]. Available: <https://cepei.org/documents/emisiones-del-sector-electrico/>.
- [4] M. M. MONSALVE, «Colombia lanzó propuesta de transición energética, ¿pero a punta de gas y carbón?,» 2022. [En línea]. Available: www.elespectador.com/ambiente/colombia-lanzoropuesta-de-transicion-energetica-pero-a-punta-de-gas-y-carbon/.
- [5] ICLEI, «Villavicencio, Inventario de gases de efecto invernadero,» 2023. [En línea]. Available: <https://americadosul.iclei.org/es/documentos/villavicencio-inventario-de-gases-de-efecto-invernadero/>.
- [6] UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, «Análisis de la viabilidad de la hidroelectricidad en Colombia,» 2019. [En línea]. Available: repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/76470/JavierBacca.2019.pdf.
- [7] B. S. AGUIRRE CAREIS y G. CALDERÓN LÓPEZ, «La energía hidroeléctrica: fuente de mitigación del cambio climático y de ecoturismo,» universidad icesi, 2022. [en línea]. Available: https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/handle/10906/94102.
- [8] DIARIO LA REPUBLICA, «Se cumplen más de 30 años desde que se ‘apagaron las luces’ y se adelantó el tiempo,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.larepublica.co/especiales/el-apagon-de-1992-1993/se-cumplen-mas-de-30-anos-desde-que-se-apagaron-las-luces-y-se-adelanto-el-tiempo-3565105>.
- [9] EMSA, «Tarifas de energía, subsidios y contribuciones del mercado regulado del departamento del Meta y estructura del Costo Unitario del Servicio,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.electrificadoradelfmeta.com.co/newweb/>.
- [10] UNIVERSIDAD SANTO TOMAS, «Gestión Ambiental,» 2023. [En línea]. Available: <https://gestionambiental.usta.edu.co/index.php/gestion>.
- [11] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS, «Acerca de nuestro trabajo para los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Colombia,» 2024. [En línea]. Available: colombia.un.org/es/sdgs.
- [12] CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA, «"Ley 697 de 2001",» 2024. [En línea]. Available: www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4449.
- [13] INCONTEC, «Certificación ISO 50001,» 2024. [En línea]. Available: www.icontec.org/eval_conformidad/certificacion-iso-50001/.
- [14] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS, «Objetivos de Desarrollo Sostenible,» 2015. [En línea]. Available: www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/#.
- [15] J. A. MÁRQUEZ, «Criterios para la Planeación de sistemas de gestión de energía en un campus universitario,» 2019. [En línea]. Available: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/75887/1053825253.pdf?isAllowed=y&sequence=4>.
- [16] B. CAMACHO CARO Y A. ORJUELA RAMÍREZ, «Estudio de eficiencia energética en la Universidad de La Salle, sede Calendario,» 2015. [En línea]. Available: https://ciencia.asalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1135&context=ing_electrica.

- [17] UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA, «Energía,» Facultad de Periodismo y Comunicación Social. 2022. [En línea]. Available: <https://perio.unlp.edu.ar/sitios/observatoriodetecnologias/energia/#:~:text=En%20tecnolog%C3%ADa%20y%20econom%C3%ADa%2C%20%20C2%ABenerg%C3%ADa,un%20uso%20industri al%20o%20econ%C3%B3mico..>
- [18] FACTOR ENERGÍA, «Qué es la eficiencia energética,» 2021. [En línea]. Available: [https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/que-es-la-eficiencia-energetica/..](https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/que-es-la-eficiencia-energetica/)
- [19] ECOEMBES, «Los efectos en el medioambiente de la electricidad,» 2023. [En línea]. Available: <https://reducereutilizarecicla.org/medioambiente-electricidad/#:~:text=El%20uso%20de%20energ%C3%ADas%20f%C3%B3siles,carb%C3%B3n%20y%20el%20gas%20natural..>
- [20] ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN (ISO), «Sistemas de gestión de la energía - Requisitos con orientación para su uso (NTC ISO 50001:2018),» 2018. [En línea]. Available: <https://www.nqa.com/medialibraries/NQA/NQA-Media-Library/PDFs/Spanish%20QRFs%20and%20PDFs/NQA-ISO-50001-Guia-de-implantacion.pdf>.
- [21] A. YUTZIL, «El Desempeño Energético en ISO 50001:2018,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.dqsglobal.com/es-mx/aprenda/blog/el-desempeno-energetico-en-iso-50001-2018#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20desempe%C3%B1o%20energ%C3%A9tico,deber%C3%A1%20de%20considerar%20estos%20elementos..>
- [22] UNIR, «La auditoría energética, una cuestión de ahorro,» 2022. [En línea]. Available: [https://www.unir.net/revista/ingenieria/auditoria-energetica/.](https://www.unir.net/revista/ingenieria/auditoria-energetica/)
- [23] D. L. ALVAREZ, J. F. REYES, W. MONTAÑO y Y E. E. PARRA, «Sistema de Gestión de Energía en Tiempo Real del Campus de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá,» 2020. [En línea]. Available: https://www.neplan.ch/wp-content/uploads/2020/07/Sistema-de-Gesti%C3%B3n-de-Energ%C3%ADa_UNI_Bogot%C3%A0.pdf.
- [24] N. VIRGEN y P. RAMÍREZ, «EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA EN LA UNIVERSIDAD ICESI,» 2019. [En línea]. Available: https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/87587/1/TG03089.pdf.
- [25] J. A. M. CEBALLOS, «Criterios para la Planeación de Sistemas de Gestión de Energía en un Campus Universitario,» 2019. [En línea]. Available: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/75887/1053825253.pdf?sequence=4>.
- [26] UNIVERSIDAD VERACRUZANA, «Introducción a la investigación: Tipos de Investigación,» (s.f) [En línea]. Available: <https://www.uv.mx/apps/bdh/investigacion/unidad1/investigacion-tipos.html#:~:text=Este%20tipo%20de%20investigación%20se%20efectúa%20cuando%20se%20desea%20describir,señalar%20sus%20características%20y%20propiedades>
- [27] C. M. J. RAÚL y B. P. R. ADRIÁN, «Sensor inteligente de ocupación para reducir el consumo energético en edificaciones,» Universidad Tecnica Particular de Loja, 2020. [En línea]. Available: <https://dspace.utpl.edu.ec/handle/20.500.11962/27190>.
- [28] G. E. SANTOS REY, «Estudio de Transferencia de Calor En una Ventana de Fabricación Nacional,» Universidad de los Andes, 2004. [En línea].
- [29] COLOCADORES, «Ahorro de energía con ventanas de doble panel,» 2023. [En línea]. Available: [https://colocadores.es/ventanas/ahorro-de-energia-con-ventanas-de-doble-panel/.](https://colocadores.es/ventanas/ahorro-de-energia-con-ventanas-de-doble-panel/)
- [30] IGNITETECH, «Verdiem,» 2024. [En línea]. Available: <https://ignitotech.ai/softwarelibrary/verdiem>.
- [31] L. F. PINEDA CADAVID, «Proyecto piloto para la implementación de iluminación con tecnología LED en,» Universidad Antonio Nariño, 2020. [En línea]. Available: <https://repositorio.uan.edu.co/server/api/core/bitstreams/6e97e717-2411-4832-b9f4-37e909b69806/content>.

12. ANEXOS

Anexo 1. Datos consumo para el mes de Febrero

Día	MES	VARIABLE	DÍA2	H-06	H-07	H-08	H-09	H-10	H-11	H-12	H-13
Martes	2	kWhR	1	97,2	188,8	288,85	379,07	390,54	402,44	422,63	431,6
Miercoles	2	kWhR	2	104,36	220,2	282,9	384,24	395,89	447,55	444,53	471,01
Jueves	2	kWhR	3	106	241,33	298,08	387,52	407,1	432,29	427,54	420,47
Viernes	2	kWhR	4	106,26	256,94	288,77	366,91	381,92	419,69	397,35	422,54
Sabado	2	kWhR	5	97,81	149,99	195,62	229,51	245,04	235,03	213,9	202,69
Domingo	2	kWhR	6	75,12	69,95	68,48	69,43	69,09	68,66	69,09	64,43
Lunes	2	kWhR	7	105,66	236,41	333,62	373,12	377	410,46	397,7	391,06
Martes	2	kWhR	8	108,07	213,99	289,37	303,51	303,26	302,57	300,06	305,07
Miercoles	2	kWhR	9	99,45	213,04	237,79	304,98	335,86	397,27	363,8	342,84
Jueves	2	kWhR	10	94,27	190,7	260,39	324,82	357,25	395,8	405,98	388,3
Viernes	2	kWhR	11	106,26	204,5	271	319,13	325,16	339,91	349,49	323,27
Sabado	2	kWhR	12	87,98	133	163,79	232,96	264,7	298,86	317,31	291,35
Domingo	2	kWhR	13	80,3	77,02	69,52	63,39	64,52	74,69	73,92	69,09
Lunes	2	kWhR	14	111,35	348,88	503,18	494,73	512,24	564,68	556,23	572,36
Martes	2	kWhR	15	109,97	232,44	339,48	397,01	416,5	463,34	474,81	470,06
Miercoles	2	kWhR	16	107,9	228,82	286,78	344,48	357,77	420,81	435,74	441,86
Jueves	2	kWhR	17	103,24	306,88	343,71	419,18	457,3	549,07	546,48	526,47
Viernes	2	kWhR	18	107,9	211,4	319,99	355,61	366,82	395,11	406,58	386,92
Sabado	2	kWhR	19	92,2	149,39	185,87	274,71	286,61	297,3	297,74	291,27
Domingo	2	kWhR	20	73,05	67,71	64,52	64,34	63,14	62,79	61,5	61,07
Lunes	2	kWhR	21	113,42	243,83	324,82	388,64	403,31	417,45	453,24	465,06
Martes	2	kWhR	22	112,56	304,81	361,56	431,42	444,45	471,79	484,04	488
Miercoles	2	kWhR	23	123,86	244,52	360,27	483,6	513,02	546,65	538,29	515,69
Jueves	2	kWhR	24	103,59	223,99	333,79	398,39	404,08	394,94	392,18	394,34
Viernes	2	kWhR	25	111,35	232,01	401,49	414,35	407,1	412,79	390,37	372,43
Sabado	2	kWhR	26	86,34	134,21	297,56	302,91	300,75	287,99	319,9	342,67
Domingo	2	kWhR	27	75,99	68,4	66,41	65,98	66,15	66,76	65,9	66,33
Lunes	2	kWhR	28	97,03	273,33	273,5	344,31	367,94	390,37	385,54	382,26

Anexo 1. Datos consumo para el mes de Febrero (Conclusión)

H-14	H-15	H-16	H-17	H-18	H-19	H-20	H-21	H-22	Consumo total	Promedi
447,81	462,99	448,67	395,46	341,21	226,15	217,44	199,41	114,37	5357,44	320,861176
464,63	474,38	446,09	449,19	381,92	240,98	238,65	211,83	130,93	5684,92	340,545882
385,45	397,87	386,4	372,95	345,17	230,37	222,01	189,58	106,69	5250,82	315,107059
399,17	416,16	469,55	446,95	400,03	279,8	262,55	234,17	139,9	5582,4	334,627059
190,01	110,66	105,74	90,39	83,49	84,35	81,42	81,25	78,4	2377,49	145,605882
65,55	72,71	77,63	79,35	73,74	72,97	76,5	76,68	75,3	1149,56	72,04
389,16	378,29	387	394,85	349,74	268,67	249,61	214,5	116,96	5268,15	316,106471
320,51	339,74	335,25	327,66	288,94	219,33	208,55	177,68	111,18	4346,67	262,043529
316,02	340,6	342,76	330,17	302,65	221,84	208,47	179,83	119,03	4556,95	273,905882
417,71	384,59	366,22	357,94	324,73	234,08	223,56	189,92	121,96	4943,95	296,365882
318,35	342,33	337,84	316,37	299,72	215,88	202,86	183,02	125,75	4474,58	269,461176
280,49	272,55	218,39	79,87	79,87	83,84	86,42	81,16	78,23	2962,79	179,457059
71,59	78,57	77,71	67,53	68,91	76,42	71,16	77,28	81,51	1162,83	73,1252941
537,16	515,34	509,31	496,11	460,83	296,7	273,15	232,79	118,25	6991,94	417,840588
471,96	474,46	461,7	454,54	415,73	289,11	285,4	244,52	110,4	6001,46	359,495882
421,33	408,83	398,65	374,15	346,29	293,68	276,35	232,36	121,7	5389,6	323,382353
524,83	516,9	506,03	477,65	436,08	321,54	307,05	255,65	123,94	6618,76	395,411765
381,66	365,44	368,29	377,86	339,14	229,86	223,47	193,89	123,34	5045,38	303,134118
287,3	280,31	251,68	97,12	87,2	83,66	81,59	76,59	75,73	3104,07	188,015882
62,53	63,65	64,77	65,12	64,86	71,85	71,76	72,97	71,76	1054,34	66,3170588
444,27	437,03	413,05	400,03	365,01	251,51	241,07	196,31	117,39	5562,02	333,849412
490,59	506,63	507,32	477,31	419,61	307,31	311,62	271,77	150,94	6429,17	384,807647
519,48	503,01	488,26	464,11	396,32	268,67	259,35	231,41	128,69	6461,34	387,364706
405,89	412,97	416,85	384,93	357,77	270,57	250,47	209,85	111,69	5362,7	321,546471
400,8	427,46	422,02	410,9	354,06	254,78	242,54	210,71	115,23	5469,04	328,258235
322,06	303,34	275,4	112,56	102,38	78,4	77,63	77,71	75,99	3411,46	205,752941
65,46	64,95	64,43	65,46	66,59	69,6	71,67	72,11	70,29	1076,49	67,7929412
390,89	388,82	400,2	378,64	346,21	282,73	243,83	178,45	111,44	5138,46	307,97

Anexo 2. Ocupación Salones Edificio Santo Domingo (Lunes)

Hora	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22
AULA 101	31	31	30	30	20	20	11	11	12	12	11	11	9	9	0	0
AULA 102	0	0	28	28	23	23	13	13	15	15	20	20	18	18	10	10
AULA 103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AULA 104	11	11	23	23	23	23	25	25	26	26	16	16	0	0	0	0
AULA 105	24	24	29	29	26	26	8	8	4	4	1	1	0	0	0	0
AULA 106	19	19	23	23	22	22	29	29	27	27	30	30	0	0	0	0
AULA 201	0	0	22	22	10	10	8	8	4	4	2	2	0	0	0	0
AULA 202	0	0	27	27	23	23	31	31	31	0	12	12	0	0	0	0
AULA 203	12	12	23	23	22	22	24	24	24	3	3	0	0	0	0	0
AULA 204	17	17	19	19	26	26	25	25	21	21	18	0	0	0	0	0
AULA 205	30	30	27	27	15	15	19	19	19	19	0	0	0	0	0	0
AULA 206	0	0	26	26	27	27	27	0	27	27	27	27	0	0	0	0
AULA 301	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AULA 302	0	0	28	28	26	26	28	28	4	4	19	19	14	14	13	13
AULA 303	17	17	17	17	17	17	30	30	8	8	8	6	6	0	0	0
AULA 304	31	31	31	31	31	31	26	26	24	24	26	26	30	30	0	0
AULA 305	18	18	33	33	18	18	24	24	22	22	28	28	34	34	0	0
AULA 306	11	11	16	16	15	15	22	22	22	33	33	33	6	6	8	8
AULA 307	30	30	30	34	34	34	34	34	21	21	0	0	22	22	0	0
AULA 308	24	24	22	22	0	0	14	14	14	14	14	14	14	14	0	0
AULA 309	19	19	22	22	15	15	7	7	10	10	0	0	0	0	0	0
AULA 401	23	23	23	20	20	0	22	22	27	27	0	0	0	0	0	0
AULA 402	16	16	26	26	28	28	21	21	9	9	6	6	0	0	0	0
AULA 403	21	21	27	27	30	30	22	22	22	20	17	17	0	0	0	0
AULA 404	0	0	18	18	10	10	23	23	10	10	0	0	0	0	0	0
AULA 405	20	20	28	28	7	7	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0
AULA 406	22	22	18	18	28	28	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0
AULA 407	23	23	27	27	12	12	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0
AULA 408	30	30	18	18	13	13	13	13	20	20	23	23	19	19	0	0
AULA 409	15	15	18	18	16	16	16	16	30	30	25	25	0	0	0	0
SIS I	13	13	7	7	12	12	10	10	14	14	14	14	10	10	14	14
SIS II	16	16	13	13	0	0	12	12	22	22	14	14	0	0	0	0
SIS III	14	14	0	0	21	21	0	0	9	9	12	12	16	16	0	0
SIS IV	13	13	0	0	0	0	0	0	23	23	12	12	7	7	23	23
SIS V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SIS VI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STUTOR	0	0	0	0	14	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AULA 1	15	15	24	24	25	25	30	30	7	7	23	23	5	5	0	0
AULA 2	27	27	13	13	28	28	29	29	5	5	0	0	0	0	0	0
AULA 3	0	0	11	11	20	20	18	18	14	14	12	12	0	0	0	0
AULA 4	13	13	18	18	19	19	23	23	28	28	0	0	0	0	0	0
AULA 5	18	18	17	17	11	11	17	17	13	13	14	14	0	0	0	0
AULA 501	21	21	21	21	23	23	22	22	0	0	0	0	0	0	0	0
AULA 502	15	15	20	20	22	22	20	20	22	22	25	25	0	0	0	0
AULA 503	0	0	0	6	6	6	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0
AULA 504	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AULA 505	0	0	0	0	6	6	8	8	9	9	0	0	14	14	10	10
AULA 506	16	16	24	24	25	25	14	14	19	19	13	13	0	0	0	0
AULA 507	10	10	8	8	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	655	655	856	863	805	785	773	745	638	616	478	458	224	218	78	78

Anexo 3. Cálculos Indicador Base 100 (a) 2022-1, (b) 2022-2

Mes	Semana	Suma Ocupacion	Suma de Consumo [kWh]	Linea Base $3,3168x + 21050$	Base 100	100
Febreo	5	3005,458333	33749,13	31018,5042	91,90904832	100
	6	3749,416667	32281,94	33486,0652	103,7300274	100
	7	4007,833333	38781,14	34343,1816	88,55640035	100
	8	4007,833333	38428,9	34343,1816	89,36810994	100
Marzo	9	3749,416667	32857,61	33486,0652	101,9126625	100
	10	3749,416667	35785,71	33486,0652	93,5738461	100
	11	3749,416667	31759,82	33486,0652	105,4353117	100
	12	3005,458333	31796,58	31018,5042	97,55295758	100
	13	3749,416667	34166,63	33486,0652	98,00810089	100
Abril	14	3749,416667	35032,92	33486,0652	95,58456789	100
	15	0	18904,51	21050	111,3490908	100
	16	3749,416667	32042,25	33486,0652	104,5059732	100
	17	3749,416667	31272,52	33486,0652	107,0782438	100
Mayo	18	3409,318034	34811,57	32358,02605	92,95192964	100
	19	3749,416667	33865	33486,0652	98,88104296	100
	20	3749,416667	31211,8	33486,0652	107,2865557	100
	21	3749,416667	31744,46	33486,0652	105,486328	100
	22	3645,208333	25092,69	33140,427	132,0720377	100
Junio	23	0	22278,02	21050	94,48775071	100
	24	0	20070,36	21050	104,8810285	100
	25	0	20317,16	21050	103,6070002	100
	26	0	20593,67	21050	102,2158751	100
Julio	27	0	22019,68	21050	95,59630294	100
	28	0	22890,69	21050	91,95878324	100
	29	0	18426,39	21050	114,2383288	100
	30	0	23844,13	21050	88,2816861	100

(a)

Mes	Semana	Suma Ocupacion	Suma de Consumo [kWh]	Línea Base 3,3168x + 21050	Base 100	100
Agosto	31	4802,722482	31090,97	36978,66445	118,9369918	100
	32	3869,388889	34928,83	32993,51668	94,45926668	100
	33	3645,333333	32900	32036,84427	97,37642634	100
	34	3645,333333	36276,8	32036,84427	88,31221129	100
	35	3645,333333	32533,68	32036,84427	98,47285726	100
Septiembre	36	3645,333333	33430,59	32036,84427	95,8309269	100
	37	3645,333333	36190,79	32036,84427	88,52209158	100
	38	3645,333333	35935,29	32036,84427	89,15148387	100
	39	3645,333333	34997,33	32036,84427	91,54082402	100
Octubre	40	3645,333333	37267,35	32036,84427	85,96491102	100
	41	3645,333333	34232,74	32036,84427	93,58539301	100
	42	3645,333333	28667,25	32036,84427	111,7541594	100
	43	3645,333333	34466,86	32036,84427	92,94970376	100
	44	3645,333333	28402,38	32036,84427	112,796337	100
Noviembre	45	3645,333333	30933,79	32036,84427	103,5658555	100
	46	3645,333333	28419,43	32036,84427	112,7286658	100
	47	3645,333333	29180,57	32036,84427	109,7882744	100
	48	3511,5	23603,84	31465,4027	133,306287	100
Diciembre	49	0	19320,37	16472	85,2571664	100
	50	0	19947,77	16472	82,5756463	100
	51	0	15032,64	16472	109,5748984	100
	52	0	10126,89	16472	162,6560573	100

(b)

Anexo 4. Cálculos Indicador CUSUM (a) 2022-1, (b) 2022-2

Mes	Semana	Suma Ocupacion	Suma de Consumo [kWh]	Linea Base $3,3168x + 21050$	Real-Teorico	CUSUM
Febreo	5	3005,458333	33749,13	31018,5042	2730,6258	2730,6258
	6	3749,416667	32281,94	33486,0652	-1204,1252	1526,5006
	7	4007,833333	38781,14	34343,1816	4437,9584	5964,459
	8	4007,833333	38428,9	34343,1816	4085,7184	10050,1774
Marzo	9	3749,416667	32857,61	33486,0652	-628,4552	9421,7222
	10	3749,416667	35785,71	33486,0652	2299,6448	11721,367
	11	3749,416667	31759,82	33486,0652	-1726,2452	9995,1218
	12	3005,458333	31796,58	31018,5042	778,0758	10773,1976
	13	3749,416667	34166,63	33486,0652	680,5648	11453,7624
Abril	14	3749,416667	35032,92	33486,0652	1546,8548	13000,6172
	15	0	18904,51	21050	-2145,49	10855,1272
	16	3749,416667	32042,25	33486,0652	-1443,8152	9411,312
	17	3749,416667	31272,52	33486,0652	-2213,5452	7197,7668
Mayo	18	3409,318034	34811,57	32358,02605	2453,54395	9651,31075
	19	3749,416667	33865	33486,0652	378,9348	10030,2455
	20	3749,416667	31211,8	33486,0652	-2274,2652	7755,98035
	21	3749,416667	31744,46	33486,0652	-1741,6052	6014,37515
	22	3645,208333	25092,69	33140,427	-8047,737	-2033,36185
Junio	23	0	22278,02	21050	1228,02	-805,341855
	24	0	20070,36	21050	-979,64	-1784,98185
	25	0	20317,16	21050	-732,84	-2517,82185
	26	0	20593,67	21050	-456,33	-2974,15185
Julio	27	0	22019,68	21050	969,68	-2004,47185
	28	0	22890,69	21050	1840,69	-163,781855
	29	0	18426,39	21050	-2623,61	-2787,39185
	30	0	23844,13	21050	2794,13	6,73814531

(a)

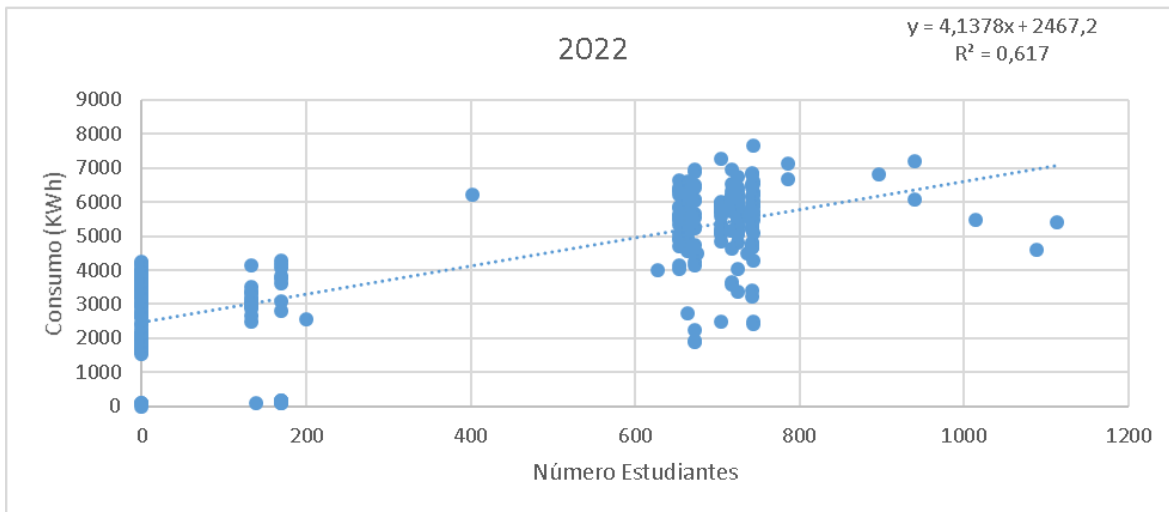
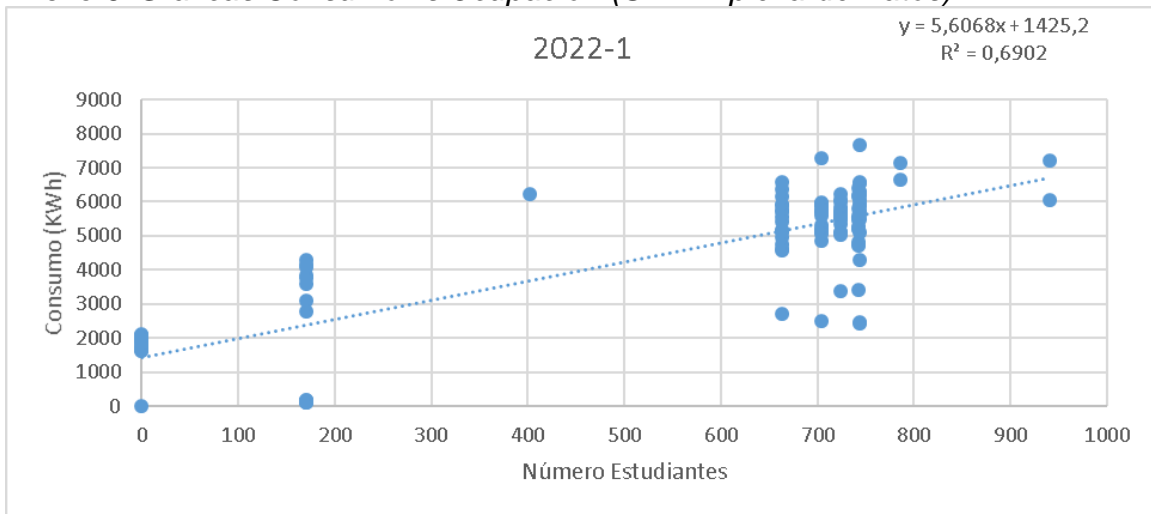
Mes	Semana	Suma Ocupacion	Suma de Consumo [kWh]	Línea Base 3,3168x + 21050	Real-Teorico	CUSUM
Agosto	31	4802,722482	31090,97	36978,66445	-5887,69445	-5887,69445
	32	3869,388889	34928,83	32993,51668	1935,31332	-3952,38113
	33	3645,333333	32900	32036,84427	863,155733	-3089,2254
	34	3645,333333	36276,8	32036,84427	4239,95573	1150,73033
	35	3645,333333	32533,68	32036,84427	496,835733	1647,56607
Septiembre	36	3645,333333	33430,59	32036,84427	1393,74573	3041,3118
	37	3645,333333	36190,79	32036,84427	4153,94573	7195,25753
	38	3645,333333	35935,29	32036,84427	3898,44573	11093,7033
	39	3645,333333	34997,33	32036,84427	2960,48573	14054,189
Octubre	40	3645,333333	37267,35	32036,84427	5230,50573	19284,6947
	41	3645,333333	34232,74	32036,84427	2195,89573	21480,5905
	42	3645,333333	28667,25	32036,84427	-3369,59427	18110,9962
	43	3645,333333	34466,86	32036,84427	2430,01573	20541,0119
	44	3645,333333	28402,38	32036,84427	-3634,46427	16906,5477
Noviembre	45	3645,333333	30933,79	32036,84427	-1103,05427	15803,4934
	46	3645,333333	28419,43	32036,84427	-3617,41427	12186,0791
	47	3645,333333	29180,57	32036,84427	-2856,27427	9329,80487
	48	3511,5	23603,84	31465,4027	-7861,5627	1468,24217
Diciembre	49	0	19320,37	16472	2848,37	4316,61217
	50	0	19947,77	16472	3475,77	7792,38217
	51	0	15032,64	16472	-1439,36	6353,02217
	52	0	10126,89	16472	-6345,11	7,91216783

(b)

Anexo 5. Relación de Datos Consumo-Ocupación (Febrero)

Mes	Día Semana	Día	Consumo	Ocupacion
2	Martes	1	6033,14	724,458333
2	Miércoles	2	6409,26	742,625
2	Jueves	3	5951,95	704,583333
2	Viernes	4	6347,87	663,5
2	Sábado	5	3093,29	170,291667
2	Domingo	6	1760,57	0
2	Lunes	7	5936,77	743,958333
2	Martes	8	5038,83	724,458333
2	Miércoles	9	5208,84	742,625
2	Jueves	10	5579,87	704,583333
2	Viernes	11	5147,77	663,5
2	Sábado	12	3603,8	170,291667
2	Domingo	13	1766,06	0
2	Lunes	14	7659,95	743,958333
2	Martes	15	6661,45	785,416667
2	Miércoles	16	6063,73	940,083333
2	Jueves	17	7264,68	704,583333
2	Viernes	18	5722,62	663,5
2	Sábado	19	3765,88	170,291667
2	Domingo	20	1642,83	0
2	Lunes	21	6201,05	743,958333
2	Martes	22	7125,57	785,416667
2	Miércoles	23	7209,91	940,083333
2	Jueves	24	5996,03	704,583333
2	Viernes	25	6165,01	663,5
2	Sábado	26	4062,91	170,291667
2	Domingo	27	1668,42	0
2	Lunes	28	5740,05	743,958333
3	Martes	1	5834,21	724,458333
3	Miércoles	2	5498,36	742,625
3	Jueves	3	5326,79	704,583333
3	Viernes	4	4946,53	663,5
3	Sábado	5	3834,26	170,291667
3	Domingo	6	1677,41	0
3	Lunes	7	6592,89	743,958333
3	Martes	8	5723,25	724,458333
3	Miércoles	9	5803,98	742,625
3	Jueves	10	5709,67	704,583333
3	Viernes	11	5901,93	663,5
3	Sábado	12	4160,44	170,291667

Anexo 6. Graficas Consumo vs Ocupación (Sin Limpieza de Datos)



Anexo 7. Gráficos de Caja y Bigotes (a) Datos de Consumo, (b) Datos de Ocupación
Gráfico de Caja y Bigotes

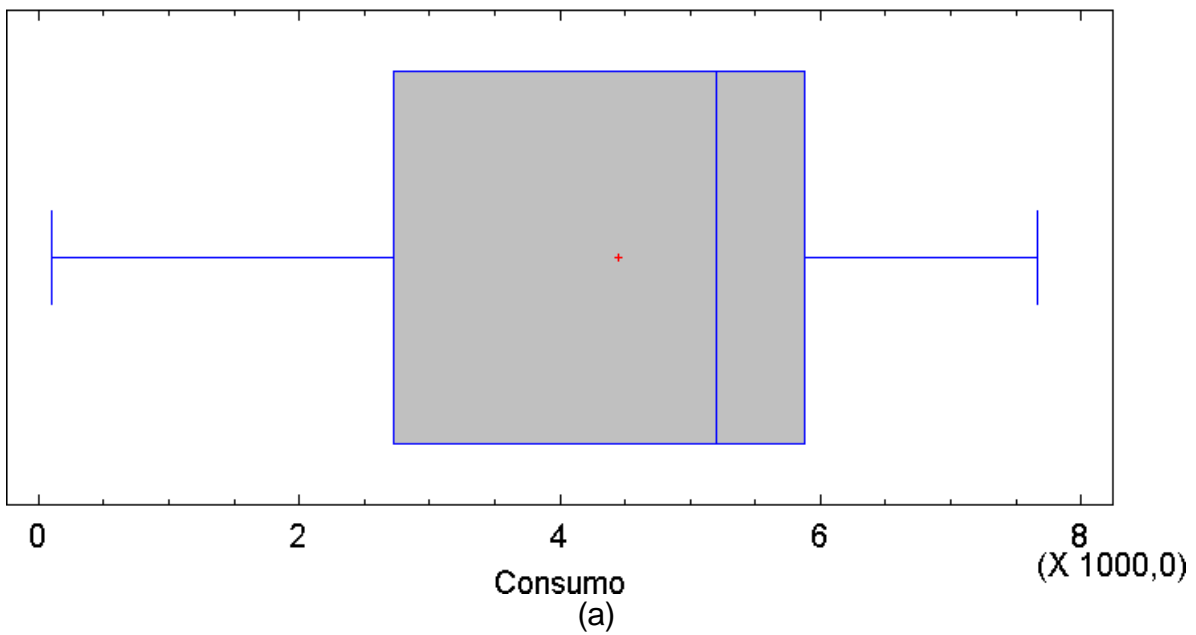
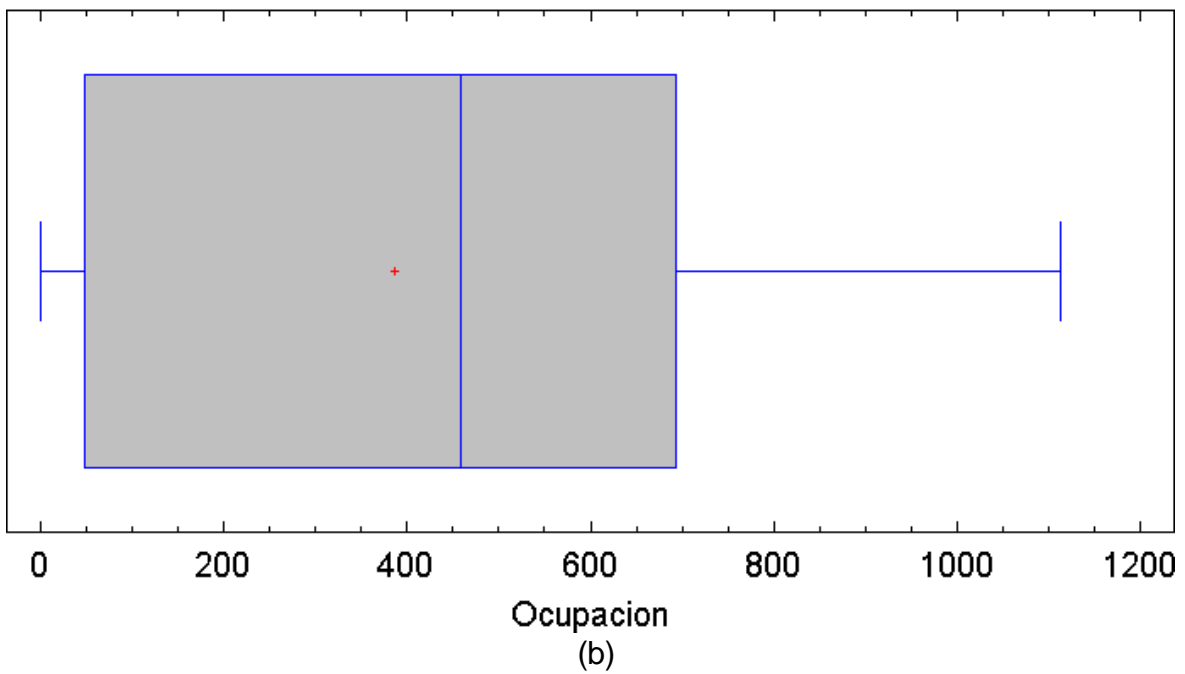


Gráfico de Caja y Bigotes



Anexo 8. Inventario de Equipos Bloque A

AGUAS CLARAS PRIMERA ETAPA BLOQUE A												
UNIDADES INTERIORES												
ÍTEM	DEPENDENCIA	CANTIDAD	ÁREA	CAPACIDAD (Btu/h)	MODELO	TIPO	CONSUMO (KW)	Cantidad iluminación	Potencia (W)	Total potencia iluminación (W)	Cantidad Televisores	Potencia Televisores (W)
7	Aulas Piso 1	6	Aulas 101 A	36.000	ARNU36GTNC2	MULTI V Interior	0,144	8	48	384	1	170
			Aulas 102 A	36.000	ARNU36GTNC2	MULTI V Interior	0,144	8	48	384	1	170
			Aulas 103 A	36.000	ARNU36GTNC2	MULTI V Interior	0,144	8	51	408	1	170
			Aulas 104 A	36.000	ARNU36GTNC2	MULTI V Interior	0,144	8	51	408	1	170
			Aulas 105 A	36.000	ARNU36GTNC2	MULTI V Interior	0,144	8	56	448	1	170
			Aulas 106 A Sala Docente	36.000	ARNU36GTNC2	MULTI V Interior	0,144	8	50	400	0	
			Baños, Pasillos, Lobby capilla					56	1.800			
8	Aulas piso 2	6	Aulas 201 A	36.000	ARNU36GTNC2	MULTI V Interior	0,144	8	56	448	1	170
			Aulas 202 A	36.000	ARNU36GTNC2	MULTI V Interior	0,144	8	56	448	1	130
			Aulas 203 A	36.000	ARNU36GTNC2	MULTI V Interior	0,144	8	56	448	1	130
			Aulas 204 A	36.000	ARNU36GTNC2	MULTI V Interior	0,144	8	56	448	1	130
			Aulas 205 A	36.000	ARNU36GTNC2	MULTI V Interior	0,144	8	56	448	1	130
			Aulas 206 A	36.000	ARNU36GTNC2	MULTI V Interior	0,144	8	56	448	1	130
	Oficina Departamento Humanidades	1	Oficina Departamento Humanidades	24.000	VM242C7	MINISPLIT Interior	2,4	7	56	392		
9	Biblioteca	8	Colecciones	28.000	ARNU28GBGA2	MULTI V Interior	0,35			0		
			Dirección de Biblioteca	19.100	ARNU18GTQC2	MULTI V Interior	0,03			0		
			Salon Biblioteca 1	19.100	ARNU18GTQC2	MULTI V Interior	0,03	6	56	336	1	130
			Salon Biblioteca 2	24.200	ARNU24GTQC2	MULTI V Interior	0,033	6	56	336	1	130
			Salon Biblioteca 3	28.000	ARNU28GTQC2	MULTI V Interior	0,033	6	56	336	1	130
			Salon Biblioteca 4	28.000	ARNU28GTQC2	MULTI V Interior	0,033	6	56	336		
			Salon Biblioteca 5	24.200	ARNU24GTQC2	MULTI V Interior	0,033	6	56	336		
Salon Biblioteca 6	24.200	ARNU24GTQC2	MULTI V Interior	0,033	5	56	280					
10	Unidades de Apoyo a la Dirección.	3	Unidad de Apoyo a la Direccion UID Hall	19.100	ARNU18GTQC2	MULTI V Interior	0,03			0		
			Unidad de Apoyo a la Direccion UID Profesional Soporte Planeacion y Soporte	19.100	ARNU18GTQC2	MULTI V Interior	0,03			0		
			Unidad de Apoyo a la Direccion UID Coordinacion de Sistema Ambiental	19.100	ARNU18GTQC2	MULTI V Interior	0,03			0		

Anexo 9. Cálculo de la Carga Térmica de los AA

REFRIGERACION		Municipio	Villavicencio	asnm	422	P(Pa)	96357	ZC.HE1	C3											
Mes calefac.	Enero	Ts.ext. °C	14,6	Hr(%)	72,522	OMD °C	2,5	Tm.mes	27,725	DTCiu	0	difusa%	75							
Est.referencia	0	Villavicencio	Latitud °	41,619	Long.Oc	-7,4	Tm.anu	25,9	NPer	1/99	asnm	422								
Mes refriger.	Febrero	Ts.ext. °C	31	Th °C	24,8	OMD °C	10	Tm.mes	27,112	DTCiu	0									
Mes cálculo	2	Dia	21	hora.sol	14	Tipo atmósfera	Estándar	Reflexión alrededores	Estándar											
Exteriores	Temp. °C	32,28	Hr(%)	53,2	W(kg/kg)	0,0170														
Interiores	Temp. °C	20,00	Hr(%)	45,0	W(kg/kg)	#####														
DATOS ZONA																				
Nombre	Salon 50?	Super.(m²)	39	Vol.(m³)	98	Zona	Exterior	Medio	SA	Alfombr %	15	Acric	Docencia	IDA	IDA2	Control	Cte_ocup.			
OPACOS ext A.Neta(Bruta(m² U(W/m²K color coef.abs																				
Techo	39,0	39	0,5	Blanco	0,6												Qsen (W Qlat (W	170	0	
N-Muro	10,9	15	0,5	Medio	0,8													34	0	
NE-Muro	0,0	0,0	0,5	Medio	0,8													0	0	
E-Muro	16,3	16	0,5	Blanco	0,6													63	0	
SE-Muro	0,0	0,0	0,5	Medio	0,8													0	0	
S-Muro	9,5	15	0,5	Blanco	0,6													42	0	
SO-Muro	0,0	0,0	0,5	Medio	0,8													0	0	
O-Muro	16,3	16	0,5	Blanco	0,6													53	0	
NO-Muro	0,0	0,0	0,5	Medio	0,8													0	0	
Suelo	39,0	39	0,5															146	0	
OPACOS otros																				
Otro Local 1	12,0	12	1,5	Medio	26,1				0,5									97	0	
Otro Local 2	12,0	12	1,5	Alto	28,6				0,7									136	0	
Muro Terreno	0,0	0,0	1						1									0	0	
Suelo Terreno	0,0	0,0	1						0									0	0	
S.Vacio sanit	0,0	0,0	1,0							C.ais.H	1	0,03	0,10					0	0	
Puentes térmicos otros			0,2						27									58	0	
Puentes térmicos ventanas			0,2						0									0	0	
																		800	0	
VENTANAS																				
Tipo	0,00	1,00	0,10	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Qsen (W Qlat (W		
Somb.1			Ucristal	Umarco	f	f	Pos.	%	Fsombra (0 sol, 1 sombra)											
	Area (m²)	g	(W/m²K)	(W/m²K)	FM	Uacce	Facce	Acce	Activo	aleros	Otros edif.									
Techo	0,0	0,85	5	5	0,1	1,00	1	Ext	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N-Muro	4,1	0,85	5	5	0,1	1,00	1	Ext	100	0	0	0	0	0	0	0	0	510	0	0
NE-Muro	0,0	0,85	5	5	0,1	1,00	1	Ext	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E-Muro	0,0	0,85	5	5	0,1	1,00	1	Ext	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE-Muro	0,0	0,85	5	5	0,1	1,00	1	Ext	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S-Muro	5,5	0,85	5	5	0,1	1,00	1	Ext	100	0	0	0	0	0	0	0	0	2066	0	0
SO-Muro	0,0	0,85	5	5	0,1	1,00	1	Ext	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O-Muro	0,0	0,85	5	5	0,1	1,00	1	Ext	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO-Muro	0,0	0,85	5	5	0,1	1,00	1	Ext	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Somb.2	5,00	1,00	0,10	5,00	5,00	5,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Techo	0,0	0,76	3	3	0,1	1,00	1,00	Ext	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	1,00	1,00	Ext	100	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NE-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	1,00	1,00	Ext	100	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	1,00	1,00	Ext	100	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	1,00	1,00	Ext	100	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S-Muro	0,0	0,85	5	5	0,1	1,00	1,00	Ext	100	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SO-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	1,00	1,00	Ext	100	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	1,00	1,00	Ext	100	0,63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO-Muro	0,0	0,76	3	3	0,1	1,00	1,00	Ext	100	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
																		2576	0	0
INTERNAS																				
Frac.rar	Calef.(% W/m²)	% sen	Reac/Transf.	Pot. Maxima (W)	Sen(W)	Lat(W)												Qsen (W Qlat (W		
LUCES	0,8	10	11,4872	Si					448									119	0	0
EQUIPOS	0,1	10	15,3846	100					600	0								356	0	0
sexo	Calef.(% m²/ocup	Actividad	qs/per	ql/per																
OCUPANTES	Media	1	1	Sentado muy ligero (oficin	94	30	2910	929	30,95									2275	774	0
VENTILACION	0	Sin_contabilizar																		0
INFILTRACION	0																			0
MAYORAC.	% Sensible	10	Latente	5	W/m²	193,64	Total (W)	7552	FCS	0,892								6740	813	0
Hora max.sen.	14				W/m²	193,6	Total (W)	7552	FCS	0,892								6740	813	0



Anexo 10. *Porcentaje del Sistema de Iluminación Led y Fluorescente*

Luces Bloque A	LED	Fluorescentes	Total
Total	486	500	986
Proporción	49%	51%	100%