

CARACTERIZACIÓN DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL APLICANDO
LA METODOLOGÍA DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA ENERGÍA
(SGIE)

EDWAR FERNANDO ARENAS SALGADO
ANDERSON RAFAEL GONZÁLEZ NAVARRO



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2014

CARACTERIZACIÓN DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL APLICANDO
LA METODOLOGÍA DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA ENERGÍA
(SGIE)

EDWAR FERNANDO ARENAS SALGADO
ANDERSON RAFAEL GONZÁLEZ NAVARRO

Trabajo de grado para optar el título
Ingeniero Electricista

Director

HERMANN RAÚL VARGAS TORRES

Doctor en Ingeniería Eléctrica

Co-Director

JAIRO BLANCO SOLANO

Magíster en Ingeniería Eléctrica

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA

2014

DEDICATORIA

Inicialmente deseo dedicarle este trabajo de grado especialmente a todas las personas que siempre creyeron en mi capacidad, capacidad que tenemos todos, es grato saber la fuerza y determinación que poseemos cuando queremos alcanzar algo.

A Dios por ser siempre ese sentimiento de alegría, tranquilidad y serenidad en cada momento de esta etapa de mi vida que está próxima a culminar espero ser digno por tan valioso esfuerzo.

A mis padres, María Nelly Salgado Fagua, Alfonso Arenas Aldana, no hay un día en el que no le agradezca a dios el haberme colocado entre ustedes, la fortuna más grande es tenerlos conmigo y el tesoro más valioso son todos y cada uno de los valores que me inculcaron y me siguen inculcando.

A mi hermana, Nelly Alexandra, gracias por acompañarme, darme consejos. Si hubiera tratado de encontrar a la mejor amiga del mundo, nunca la hubiera encontrado allá afuera, ya que tú, mi querida hermana, eres la mejor amiga del mundo.

A mi novia, Andrea Milena Contreras Arenas, Tanto que me das, tanto que me ofreces, tanta bondad y tanta calidad de vida, pero sobre todo, tanto amor, no tengo sino palabras de agradecimiento por lo bien que te portas conmigo, los consejos que me das, por lo bien que me haces sentir, por tantas cosas lindas que solo pueden surgir de ti, de tu increíble capacidad de hacerme feliz. Gracias amor.

A mis familiares, a la familia Salgado Fagua en especial a mi abuela Luisa y abuelo Pablo, a mi tía Dolly, a mi tía Marina, a mi tía Blanca, a mi tía Rosa. A la familia Arenas Aldana especialmente a mi abuelo rito y abuela Blanca, a mi tío Humberto, a mi tío Elver, a mi tía Ana. También agradecer a mi tía Etelvina, a mi tío José, a mi tío Jaime, a mis primos, Julián, Carolina, Paola, Leandro, Bayardo, Esteven, Alexander, Osmar, Javier, y a personas cercanas a mi familia que nos han brindado alegrías y festejos, a Ricardo, Milton, Arnulfo, a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis. ¡Gracias a ustedes!

A mis amigos, que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora seguimos siendo amigos: Néstor, David T, David R, Felipe, Gabriel, Diego P, Diego B, Carlos, Adrián, Giovanni, Lizy, Wilson, Julieth, Yeison N, Víctor, Cristhian F, a mi compañero de proyecto Anderson. También dar las gracias a todos mis compañeros de la Universidad.

Si algo me enseñó esta carrera es que existen personas valiosas, compañeros con los cuales valió la pena luchar por nuestras metas, si bien a de terminar esta etapa me queda la satisfacción de haber compartido con personas tan valiosas como todos ustedes, les doy las gracias por su apoyo y afecto.

Edwar Fernando Arenas Salgado.

DEDICATORIA

A Dios Padre todo poderoso, por brindarme la posibilidad de obtener un título como profesional, sin el nada hubiera sido posible.

A mis padres, Damaris Cecilia y Álvaro Rafael, quienes forjaron en mí el deseo de superación, con sacrificio y perseverancia.

A mi primo Ernesto Camilo y a su esposa Genny por el apoyo incondicional que me permitió sostenerme en Bucaramanga, además de comprensión, paciencia y buenos consejos infinitas gracias que Dios lo siga bendiciendo.

A mis amigos y compañeros de la universidad que durante el transcurso de la carrera compartimos buenos y malos momentos, unos siguen otros no están pero la vida continua y les deseo éxitos personal y profesionalmente.

Anderson Rafael González Navarro

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
2. JUSTIFICACIÓN	20
3. OBJETIVOS	21
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	21
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
4. MARCO REFERENCIAL.....	22
5. METODOLOGIA UTILIZADA EN LA CARACTERIZACIÓN ENEGÉTICA DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.....	26
5.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.....	28
5.2 DIAGRAMA UNIFILAR DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.....	30
5.3 DIAGRAMAS DE CONSUMO ENERGÉTICO DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.....	31
5.4 PRODUCCIÓN.....	32
6. HERRAMIENTAS DE CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA EN EL EDIFICIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	34
6.1 APLICACIÓN DEL CALIFICADOR DE NIVELES DE GESTIÓN ENERGÉTICA.....	34
6.2 RESULTADOS DEL CALIFICADOR DE GESTIÓN ENERGÉTICA.....	38

6.3	COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.....	39
6.4	CENSO DE CARGA DEL EDIFICIO DE INGENIERIA INDUSTRIAL.....	41
6.5	CARACTERIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	46
6.6	DIAGRAMA DE PARETO DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL .	47
6.7	ESTRATIFICACIÓN	48
6.7	DIAGRAMA ENERGÍA, OCUPACIÓN VS TIEMPO	51
6.8	DIAGRAMA DE ENERGÍA VS OCUPACIÓN DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	53
6.8.1	GRÁFICO DE CONSUMO VS OCUPACIÓN META	55
6.9	DIAGRAMA DE INDICADORES DE CONSUMO VS OCUPACIÓN	56
6.10	GRÁFICO DE TENDENCIA	58
6.11	REPORTE DE CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	59
6.12	BENEFICIO AL MEDIO AMBIENTE E INDICADORES AMBIENTALES.....	60
7.	ANÁLISIS Y RECOMENDACIONES PARA HACER UN USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.....	61
7.1.1	RECOPIACIÓN DE DATOS EN SITIO.....	62
7.1.2	MEDICIÓN DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN.....	64
7.2	ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO TERMOGRÁFICO.....	72
7.3	SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO.....	77
7.3.1	ELEMENTOS CLAVES PARA EL USO RACIONAL DE ENERGÍA	77
7.3.2	DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO.....	77
7.3.3	RECOMENDACIONES PARA EL BUEN USO DEL SISTEMA DE A.A	82
7.4	REGULACIÓN DE TENSIÓN EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DEL EDIFICIO DE INGENIERA INDUSTRIAL.....	83
7.5	CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	85
7.5.1	DEMANDA Y ENERGÍA.....	86
7.5.2	ARMÓNICOS	90

7.5.3 HUECOS DE TENSIÓN	94
7.5.4 SOBRETENSIONES	95
7.5.5 INTERRUPCIONES DE TENSIÓN	96
7.5.6 TRANSITORIOS DE TENSIÓN.....	97
8. CONCLUSIONES.....	98
BIBLIOGRAFIA.....	100

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ocupación de estudiantes por mes (estimado).....	33
Tabla 2. Calificador de Niveles de Gestión Energía (UPME).....	35
Tabla 3. Comportamiento histórico del consumo eléctrico del Edificio de Ingeniería Industrial.	40
Tabla 4. Censo de carga de todo el Edificio por Áreas.	42
Tabla 5. Consumo por áreas de servicios generales del edificio (estimado).	45
Tabla 6. Consumo por áreas del edificio (estimada).....	47
Tabla 7. Consumo salones (estimado).	49
Tabla 8. Consumo administrativos (estimado).	49
Tabla 9. Consumo en áreas comunes (estimado).	50
Tabla 10. Consumo sala de cómputo (estimado).....	51
Tabla 11. Variación relativa del consumo, ocupación en el tiempo.....	52
Tabla 12. Consumo energía y ocupación total.....	54
Tabla 13. Indicadores de consumo Vs ocupación (estimado).....	57
Tabla 14. Reporte de caracterización energía de energía eléctrica fuente; software de caracterización energética.	59
Tabla 15. Cuadro de Ahorro de Energía.	60
Tabla 16. Características del producto lámpara Sylvania FHO 54W T5 840.	62
Tabla 17. Características del Producto Lámpara Sylvania 20669 – CF26DD/E/841/ECO.....	63
Tabla 18. Nivel de iluminación salones.....	65
Tabla 19. Nivel de iluminación oficina postgrados.	66
Tabla 20. Nivel de iluminación centro de estudio.....	67
Tabla 21. Nivel de iluminación en pasillos.	67
Tabla 22. Nivel de iluminación en pasillos áreas profesores.	68
Tabla 23. Nivel de Iluminación Sala de Cómputo.	68
Tabla 24. Consumo de energía en cada área.....	69

Tabla 25. Porcentajes de Regulación de Tensión Fuente: Norma ESSA	83
Tabla 26. Regulación por Fase de los tableros de distribución del Edificio.	84
Tabla 27. Regulación por Fase de los Tableros de Distribución de los A.A.....	84
Tabla 28. Demanda Transformador 300kVA Sistema de Aires.....	87
Tabla 29. Demanda Transformador 220kVA Servicios Auxiliares.....	88
Tabla 30. Distorsión Armónica Total (Transformador 300kVA Sistema de Aires).	92
Tabla 31. Distorsión Armónica Total (Transformador 220kVA Servicios Auxiliares).	94
Tabla 32. Huecos de Tensión (Transformador 300kVA Sistema de Aires)	94
Tabla 33. Huecos de Tensión (Transformador 220kVA Servicios Auxiliares)	95
Tabla 34. Sobretensiones (Transformador 220kVA Servicios Auxiliares)	96
Tabla 35. Interrupciones (Transformador 300kVA Sistema de Aires)	96
Tabla 36. Interrupciones (Transformador 220kVA Servicios Auxiliares)	96
Tabla 37. Transitorios (Transformador 300kVA Sistema de Aires)	97
Tabla 38. Interrupciones (Transformador 220kVA Servicios Auxiliares)	97

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Modelo de gestión integral de la energía.	23
Figura 2. Placa Característica del Transformador #1, 300 kVA.	29
Figura 3. Placa característica del transformador #2, 225 kVA.	29
Figura 4. Transformador #3, 15 kVA.	30
Figura 5. Diagrama Unifilar del Edificio de Ingeniería Industrial.....	31
Figura 6. Diagrama Consumo Energético de Ingeniería Industrial.....	32
Figura 7. Resultados calificación buenas prácticas de gestión energética.	39
Figura 8. Medidor de Electricidad de Tarifas Múltiples.....	40
Figura 9. Comportamiento histórico del consumo eléctrico del Edificio de Ingeniería Industrial.	41
Figura 10. Distribución de consumo por áreas del censo de carga (estimado).....	44
Figura 11. Distribución de consumo por áreas de servicios generales del edificio (estimado).	45
Figura 12. Distribución por consumidor energético (estimación).....	46
Figura 13. Diagrama Pareto de consumos edificio Ingeniería Industrial (estimado).	48
Figura 14. Pareto de Consumos de Salones.	49
Figura 15. Pareto de consumos administrativos (estimado).	50
Figura 16. Pareto de Consumos en Áreas Comunes.....	51
Figura 17. Variación Relativa del Consumo, Ocupación en el Tiempo.	53
Figura 18. Consumo Vs ocupación (línea base).	54
Figura 19. Consumo Vs ocupación (línea meta).	56
Figura 20. Indicadores Vs Ocupación.	57
Figura 21. Tendencia.	58
Figura 22. Lámpara Sylvania FHO 54W T5 840.	63
Figura 23. Lámpara Sylvania 20669.	63

Figura 24. Luxómetro.....	64
Figura 25. Pasillos áreas de Profesores.	70
Figura 26. Pasillo auditorio y baños.	70
Figura 27. Oficinas Profesores Catedra.	71
Figura 28. Exceso de Luminarias.....	71
Figura 29. Cámara Termográfica.	72
Figura 30. Caja de Maniobras.	73
Figura 31. Transformador Trifásico de 300 kVA.....	73
Figura 32. Transformador Trifásico de 225 kVA.....	74
Figura 33. Transformador Trifásico 115 kVA.....	74
Figura 34. Tablero de Distribución Primer Piso.....	75
Figura 35. Tablero de Distribución Segundo Piso.	75
Figura 36. Tablero de Distribución Tercer Piso.	75
Figura 37. Tablero de Distribución Cuarto Piso.....	76
Figura 38. Alimentación de las Unidades Condensadoras de Aire.	76
Figura 39. Derivación de las Unidades Condensadoras de Aire.	76
Figura 40. Aula con el aire acondicionado en funcionamiento con la puerta abierta.	78
Figura 41. Centro de Estudios con el aire acondicionado en funcionamiento.	78
Figura 42. Puerta Oficina de Posgrados.	79
Figura 43. Puerta Oficina de Posgrados 2.	79
Figura 44. Ventana Oficina de Posgrados.	80
Figura 45. Incidencia Solar en las Unidades Condensadoras.....	80
Figura 46. Incidencia solar en la Unidad Condensadora del Auditorio.....	80
Figura 47. Vista con cámara Termográfica de la Incidencia Solar en las Unidades Condensadoras.....	81
Figura 48. Vista con cámara Termográfica de la Incidencia solar en la Unidad Condensadora del Auditorio.	81
Figura 49. Vista con cámara Termográfica de la Incidencia solar en los aislamientos de la ductería de los Aires Acondicionados.	81

Figura 50. Pinza Amperimétrica Amprobe.	84
Figura 51. Analizador de Redes Dranetz.	86
Figura 52. Demanda y Energía (Transformador 300kVA Sistema de Aires).	87
Figura 53. Demanda y Energía (Transformador 220kVA Servicios Auxiliares).	87
Figura 54. Diagramas de Tensión (Transformador 300kVA Sistema de Aires).	88
<i>Figura 55. Diagramas de Tensión (Transformador 220kVA Servicios Auxiliares).</i>	89
Figura 56. Diagramas de Armónicos Fase A (Transformador 300kVA Sistema de Aires).	90
Figura 57. Diagramas de Armónicos Fase B (Transformador 300kVA Sistema de Aires).	91
Figura 58. Diagramas de Armónicos Fase C (Transformador 300kVA Sistema de Aires).	91
Figura 59. Diagramas de Armónicos Fase A (Transformador 220kVA Servicios Auxiliares)	92
Figura 60. Diagramas de Armónicos Fase B (Transformador 220kVA Servicios Auxiliares).	93
Figura 61. Diagramas de Armónicos Fase C (Transformador 220kVA Servicios Auxiliares)	93

RESUMEN

TITULO: CARACTERIZACIÓN DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL APLICANDO LA METODOLOGÍA DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA ENERGÍA (SGIE)*.

AUTORES: Edwar Fernando Arenas Salgado,
Anderson Rafael González Navarro**.

PALABRAS CLAVES: Gestión integral de la energía, Caracterización

DESCRIPCIÓN:

El modelo de gestión integral de la energía es un conjunto de procedimientos y actividades estructuradas que sirven de guía para la implementación del sistema de gestión integral de la energía (SGIE). Este sistema se puede aplicar en una empresa independiente del nivel de desarrollo en gestión energética que esté presente. Este proyecto surge como propuesta utilizando la metodología la cual ha sido elaborado por la unidad de Planeación Minero Energética (UPME), el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología (COLCIENCIAS), la Universidad Autónoma de Occidente (Grupo de Investigación de Energías) y la Universidad del Atlántico (Grupo de gestión Eficiente del Energía), para el sector comercial y de servicios, con el fin de realizar la caracterización energética al edificio de Ingeniería Industrial de la Universidad Industrial de Santander, inicialmente se realizó la inspección del edificio donde se reconocieron las distintas áreas que lo componen, desde la subestación eléctrica, oficinas aulas de clase, auditorio, zonas comunes, sala de computo. permitiendo conocer el estado actual de eficiencia energética, de pérdidas, los lugares donde se producen estas últimas, y los potenciales de su reducción sin implementar nuevas tecnologías, para posteriormente plantear estrategias para el uso racional y eficiente de la energía, sin afectar el óptimo funcionamiento del edificio en beneficio de profesores, estudiantes y demás personas que lo frecuentan diariamente. También se busca reducir las emisiones de CO₂ que son perjudiciales para el sustento de nuestro ambiente.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ciencias Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Director Ing Hermann Raúl Vargas Torres. Codirector Ing Jairo Blanco Solano.

ABSTRACT

TITLE: CHARACTERIZATION OF INDUSTRIAL ENGINEERING BUILDING APPLYING THE METHODOLOGY OF COMPREHENSIVE MANAGEMENT SYSTEM OF POWER (SGIE)*.

AUTHORS: Edwar Fernando Arenas Salgado,
Anderson Rafael González Navarro **.

KEY WORDS: Comprehensive energy management, characterization.

DESCRIPTION:

The model of integrated energy management is a structured set of procedures and activities that serve to guide the implementation of the integrated management system of energy (SGIE). This system can be applied on a separate company for the level of development in energy management being present. This project is a proposal using the methodology which has been developed by the Mining and Energy Planning Unit (UPME), the Colombian Institute for the Development of Science and Technology (COLCIENCIAS), the Autonomous University of the West (Research Group Energy) and Atlantic University (Group Energy Efficient management) for the commercial and services sector, in order to make the building energy characterization of Industrial Engineering at the Universidad Industrial de Santander, initial inspection was conducted building where the different areas that make it from the electrical substation class office classroom, auditorium, common areas, computer room were recognized. Possible to know the potential of their current state of reduced energy efficiency, losses, where the latter occur, without deploying new technologies to further propose strategies for rational and efficient use of energy without affecting the optimal performance the building for the benefit of teachers, students and others who frequent it daily. It also seeks to reduce emissions that are harmful CO_2 to sustain our environment.

* Degree work

** Faculty of Science. School of Physical-Mechanical. School of Electrical Engineering, Electronics and Telecommunications. Manager Ing Hermann Raúl Vargas Torres. Assistant Manager Ing Jairo Blanco Solano.

INTRODUCCIÓN

Este proyecto surge de reconocer la importancia de reducir las emisiones de CO₂ que son perjudiciales para el sustento de nuestro ambiente, buscando también contar con la energía como fuente vital para la productividad de las empresas y la relación directa que tiene ésta con la calidad de vida de las personas. Este estudio se ofrece como una alternativa de mejora al consumo energético dentro de un edificio de la Universidad Industrial de Santander, tomando como base el Modelo de Gestión Integral de la energía (MGIE). Justamente la gestión energética puede describirse como un esfuerzo organizado y estructurado, para conseguir la máxima eficiencia en el suministro y utilización de la energía.

Para asegurar el uso eficiente y racional de la energía en los procesos productivos y administrativos, se requiere un sistema de gestión energética que adecúe la estructura organizacional y les permita manejar eficientemente sus recursos energéticos. Los modelos de gestión energética tienen en cuenta los siguientes aspectos: Diagnósticos de eficiencia energética, monitoreo de indicadores energéticos, sustitución de fuentes primarias para el suministro de energía, cambios tecnológicos y gestión de negociación y contratación de energéticos primarios, con el fin de reducir los costos energéticos en forma continua, incrementando así su nivel de productividad y competitividad.

La aplicación de este sistema en el edificio Ingeniería Industrial de la UIS, permitirá alcanzar el mínimo consumo energético a través de un proceso de mejora continua.

Para la Universidad Industrial de Santander es importante establecer en sus instalaciones un modelo de gestión de la eficiencia energética como parte integral de su sistema general de gestión.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido al crecimiento exagerado en el consumo de energía, a los inadecuados manejos de la misma y al uso excesivo de los recursos naturales que viene deteriorando nuestro planeta, se han venido desarrollando e implementando modelos de eficiencia energética que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos finales obtenidos. Esto se ha logrado a través de la aplicación de diversas medidas e inversiones a nivel tecnológico de gestión y de hábitos culturales en la comunidad.

Actualmente el edificio de Ingeniería Industrial es un alto consumidor de energía de la Universidad Industrial de Santander, debido a la alta carga concentrada compuesta por un gran sistema de aire acondicionado, iluminación, sala de cómputo, oficinas y cafetería. Resulta interesante optimizar los recursos energéticos, a través de un análisis cualitativo y cuantitativo que permitirán evaluar la eficiencia del edificio y a su vez poder llegar a encontrar posibles fuentes de ahorro energético. La Universidad Industrial de Santander le está apostando a estos proyectos los cuales permiten un mejoramiento del consumo energético para posible ahorro económico el cual puede ser retribuido a corto, mediano o largo plazo.

2. JUSTIFICACIÓN

Por medio de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera y el curso de gestores energéticos realizado, se desea realizar una caracterización energética que permita incentivar e impulsar la temática de eficiencia energética en la Universidad Industrial de Santander, lo cual llevará a conocer y analizar los niveles de eficiencia, de pérdidas energéticas, los lugares donde se producen estas últimas y los potenciales de su reducción, utilizando diversas herramientas de gestión para lograr definir diferentes pautas operativas y estratégicas en materia de política energética, impulsando el uso racional de la energía y la eficiencia energética en la industria del país. A través de la caracterización energética es enfocarnos de mejora continua y encontrar posibles fuentes de ahorro, lo cual permita el aprovechamiento y uso adecuado de los recursos internos, y la sostenibilidad con el medio ambiente.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar el edificio de Ingeniería Industrial de la Universidad Industrial de Santander, aplicando la metodología del sistema de gestión integral de la energía (SGIE).

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los indicadores y variables productivos/energéticos de los procesos que afectan la eficiencia energética dentro del edificio de Ingeniería Industrial.
- Analizar estrategias que permitan obtener una eficiencia energética dentro del proceso productivo energético del edificio.
- Formular herramientas estadísticas y probabilísticas, al igual que índices energéticos, básicos para la caracterización, diagnóstico y valoración del SGIE como requisito para su futura implementación dentro del edificio de Ingeniería Industrial.

4. MARCO REFERENCIAL

El modelo de gestión integral de la energía es un conjunto estructurado de procedimientos y actividades, que están conceptuados para que se integren al modelo de gestión organizacional del edificio, y que sirven de guía para la implementación y operación de un sistema de gestión energética SGIE. Este es un sistema de gestión integrado por el conjunto de factores estructurados mediante normas, procedimientos y actuaciones permitiendo la materialización de las políticas, los objetivos y las metas de eficiencia energética a través de una participación activa de los trabajadores en relación con la tecnología y los procesos.

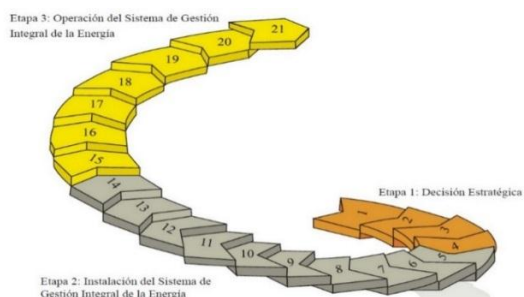
Este modelo se puede aplicar a una empresa independiente del nivel de desarrollo en gestión energética en que esta se encuentre, y permite mediante un proceso de mejora continua de los hábitos, tecnologías y procedimientos, alcanzar el mínimo consumo y costo de energía posible.

El objetivo final es que la empresa alcance una cultura energética ambiental que se verifique en el incremento de la productividad y la reducción del impacto ambiental en una visión de desarrollo energético sostenible¹.

En la Figura 1 se muestre el modelo de gestión integral de la energía está compuesto por tres etapas explicadas a continuación:

¹ Sistema de Gestión Integral de la Energía. Guía para la Implementación.

Figura 1. Modelo de gestión integral de la energía.



Fuente: Sistema de Gestión Integral de la Energía. Guía para la Implementación.

Decisión estratégica: Está enfocada a crear las condiciones tanto financieras como técnicas y organizacionales; como también la identificación de los impactos en la productividad. En esta etapa se requiere:

- Caracterización energética y organizacional de la empresa.
- Compromiso de la alta dirección
- Alineación de políticas y estrategias
- Definición y conformación de la estructura técnica y organizacional.

Instalación de SGIE: En esta etapa se crea la estructura organizacional más adecuada para lograr las metas, preparar e involucrar al personal e identificar los programas y planes de acción. En esta etapa se requiere:

- Establecimiento de los indicadores de desempeño del SGIE
- Identificación de variables de control por centro de costo.
- Definición de sistemas de monitoreo
- Realización del diagnóstico energético
- Realización de un plan de medidas para uso racional y eficiente de la energía
- Actualización y validación de la gestión organizacional del SGIE
- Documentación del SGIE

- Realización de auditoría interna al SGIE.

Operación del SGIE: En esta instancia se ejecutan los programas, se cuantifican los resultados, se ajustan y actualizan los modelos y se realiza la verificación de los presupuestos y potenciales. En esta etapa se realizan las siguientes tareas:

- Seguimiento y divulgación de indicadores
- Seguimiento y evaluación de buenas prácticas, mantenimiento, producción y coordinación
- Implementación de proyectos de mejora continua
- Implementación de entrenamiento del personal
- Chequeos de gerencia
- Ajuste al SGIE
- Evaluación de resultados.

Las etapas y el conjunto de actividades relacionadas funcionalmente entre sí mencionadas anteriormente, permitirán disponer de todos los recursos en la empresa enfocado hacia la eficiencia, con impacto en la productividad, desarrollando una cultura energética.²

Para el desarrollo de la tesis, el enfoque se concentra en la primera actividad contemplada en la etapa de la decisión estratégica y es la caracterización energética y organizacional del edificio.

La caracterización energética es un procedimiento de análisis cualitativo y cuantitativo que permite evaluar la eficiencia con que la empresa administra y usa todos los tipos de energía requeridos en su proceso productivo. Sirve para conocer las debilidades del sistema de administración energética que posee la

² Sistema de Gestión Integral de la Energía. Guía para la Implementación.

empresa, conocer los niveles de eficiencia, de pérdidas, los lugares donde se producen estas últimas y los potenciales de su reducción sin implementar nuevas tecnologías. Identificar y establecer los índices de eficiencia, las metas de reducción de pérdidas y los gráficos de control diario y mensual, como herramientas de la gerencia para evaluar la gestión administrativa en los cambios de hábitos del uso final. Para una caracterización típica se requiere la siguiente información disponible en cualquier empresa, consumos energéticos como mínimo de un año (diario, mensual), producción realizada en igual periodo de tiempo, flujograma general del proceso productivo de la empresa, último censo de carga eléctrica y térmica de los equipos que tiene la empresa. Los resultados esperados son potenciales globales de ahorro por gestión energética y por gestión de la producción, tendencia de la eficiencia energética en la empresa, estado actual del sistema gestión energética en la empresa.³

A continuación se describen documentos encontrados como antecedentes que sirvieron de consulta y análisis de este proyecto. Que hacen referencia a la caracterización y diagnóstico energético de la Universidad Industrial de Santander:

- 2014, Caracterización energética del edificio Bienestar universitario aplicando el proceso de implementación del Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE), autores Jaime Domingo León Ayala y William Adolfo Ménese Hernández.
- 2014, Caracterización del centro de tecnologías de información y comunicación (CENTIC) aplicando la metodología del Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE), autores Juan Camilo Jones Rojas y Andrés Felipe.

³ Sistema de Gestión integral de la Energía: Aplicación de la Norma ISO-50001

5. METODOLOGIA UTILIZADA EN LA CARACTERIZACIÓN ENERGETICA DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Para caracterizar energéticamente el edificio de Ingeniería Industrial, como punto de partida se realizó una inspección del edificio en donde se reconocieron las distintas áreas que conforman el edificio, desde la subestación eléctrica, oficinas, aulas de clase, auditorio, zonas comunes, salas de cómputo y la azotea donde se encuentran ubicados los unidades condensadoras de aire acondicionado del edificio.

A continuación se explicará el procedimiento que se realizó en la caracterización del edificio de Ingeniería Industrial.

- Estudio del modelo de gestión integral de la energía: Permite conocer procedimientos y actividades que sirven como guía para el desarrollo del Sistema de Gestión Integral de la Energía, y organizar las actividades adecuadas para implementarlas en el edificio de Ingeniería Industrial.
- Realización de mediciones: Se realiza la medición con el fin de saber el estado de equipos y el sistema eléctrico del edificio. Analizando el sistema de iluminación comprobando si el nivel de iluminación es el adecuado, también se realizara termografía del sistema eléctrico y de equipos para comprobar temperaturas optimas de operación, se medirán niveles de tensión con el fin de comprobar la regulación tensión y por ultimo un análisis de calidad de la energía por medio de un analizador de redes instalado en la subestación del edificio.

- Identificación de las áreas a analizar: Con base a la medición realizada se identificarán áreas con un consumo significativo de energía para concentrar posibles fuentes de ahorro.
- Realización de encuestas: Esta encuesta será dirigida al personal involucrado en el uso, mantenimiento y operación del edificio de Ingeniería Industrial, con el fin de conocer el estado actual de la gestión energética.
- Uso de software de caracterización energética: Este software tiene como objeto identificar el comportamiento de los consumos (kWh) a través del tiempo, comparando producciones y consumos pasados. Además identifica los potenciales globales de eficiencia energética.
- Aplicación de herramientas de gestión: Esta herramientas que permiten identificar el grado de control de los consumos energéticos, verificar o determinar los indicadores de eficiencia energética a nivel global y por áreas, establecer el comportamiento de estos indicadores, identificar áreas y equipos de mayor consumo donde se concentrara la atención para reducir los consumo y costos. Las herramientas de gestión son:
 - Diagrama consumo energético.
 - Censo de carga.
 - Diagrama de Pareto y estratificación.
 - Diagramas de consumo Vs producción.
 - Diagrama consumo producción Vs tiempo.
 - Diagramas de indicadores de consumo Vs producción.
 - Gráfico de tendencia.

- Recomendaciones: Permiten hacer un uso eficiente de la energía, sin perder la operación normal del edificio, con el fin de reducir costos.

5.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

El edificio de Ingeniería Industrial se conecta de la acometida proveniente del edificio de eléctrica antigua. Esta acometida llega a una caja de maniobras con tres derivaciones que salen de ella. Actualmente se están utilizando dos derivaciones en las cuales se encuentran conectados los transformadores que alimentan el edificio. En la Figura 2 se muestra la placa característica del Transformador #1: 300 kVA, 13200-3*440/254 V Dyn5; en la Figura 3 se muestra la placa característica del Transformador #2: 225 kVA, 13200-3*220/127 V Dyn5; en la Figura 4 se muestra la imagen del Transformador #3: 15 kVA, 440/220 V.

El Transformador #1 se utiliza para alimentar las unidades condensadoras de aire, y en el tablero de este transformador se conecta el Transformador #3 para alimentar las unidades manejadoras de aire (UMAs) el cual reduce la tensión de 440/220 V.

El Transformador #2 se utiliza para alimentar la iluminación, equipos de cómputo, equipos de cafetería, y una unidad condensadora de aire destinada para el auditorio, el Transformador #2 es de Servicios Auxiliares.

Figura 2. Placa Característica del Transformador #1, 300 kVA.

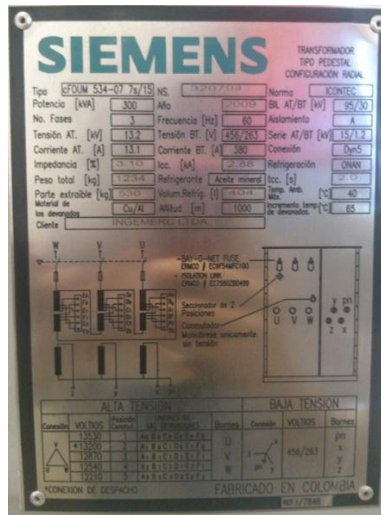


Figura 3. Placa característica del transformador #2, 225 kVA.

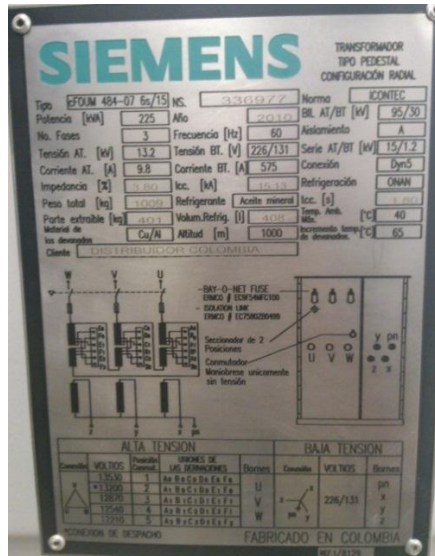


Figura 4. Transformador #3, 15 kVA.

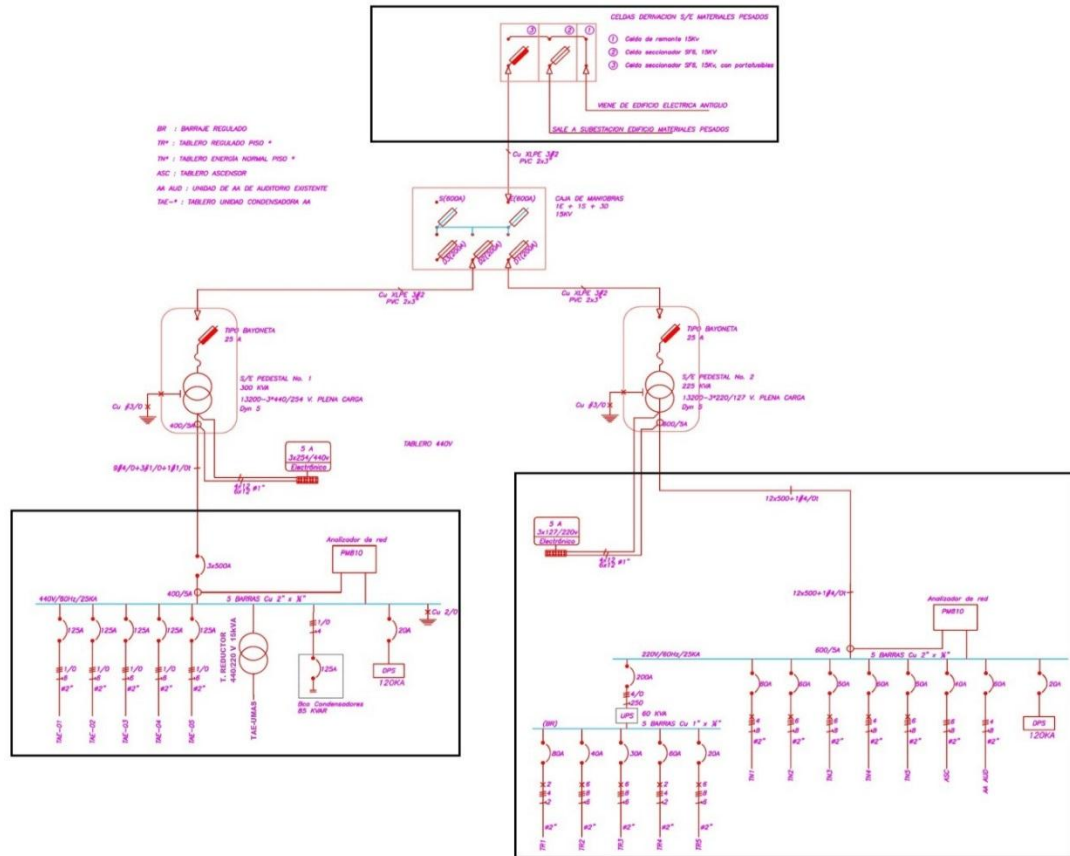


5.2 DIAGRAMA UNIFILAR DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

En la Figura 5, se observa la conexión eléctrica del edificio de Ingeniería Industrial en la cual se puede observar que el Transformador #1 alimenta las unidades condensadoras de los aires acondicionados que se encuentran en la terraza del edificio, el cual está a la izquierda de la imagen, conectado al lado secundario del Transformador #1 se encuentra el Transformador #3 que es el encargado de alimentar las unidades manejadoras de Aire (UMAs).

El Transformador #2 que suministra la parte de servicios auxiliares se observa a la derecha de diagrama unifilar el cual lleva la distribución de los tableros eléctricos de cada piso del edificio, la iluminación y la alimentación para el sistema de aire acondicionado del auditorio.

Figura 5. Diagrama Unifilar del Edificio de Ingeniería Industrial.



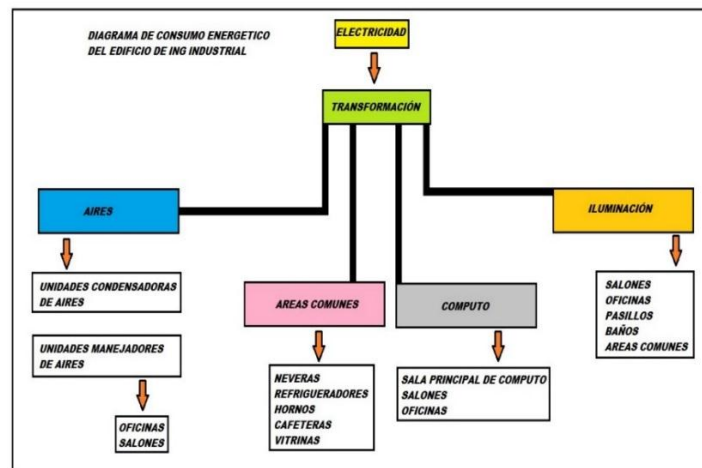
Como una observación, el edificio de Ingeniería Industrial consta de cinco pisos, de los cuales solo cuatro están en pleno funcionamiento. Para este proyecto no se utilizó el quinto piso del edificio de Ingeniería Industrial.

5.3 DIAGRAMAS DE CONSUMO ENERGÉTICO DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

El edificio de Ingeniería Industrial como parte integral la Universidad Industrial de Santander, presta un servicio a la comunidad estudiantil, con el fin de satisfacer las necesidades académicas, brindando un ambiente de confort tanto a estudiantes, profesores y empleados que interactúan en las diferentes actividades

del edificio. En todos los procesos presentes se identifica que el principal portador energético es la energía eléctrica. A continuación en la Figura 6, se muestra un esquema que describe la influencia de los consumidores energéticos del edificio.

Figura 6. Diagrama Consumo Energético de Ingeniería Industrial.



5.4 PRODUCCIÓN

Para la caracterización del edificio de Ingeniería Industrial se tomó como producción la ocupación de estudiantes, trabajadores y profesores que hace uso del edificio, teniendo en cuenta la ocupación de las aulas en los horarios establecidos de clase. Para esto se toma un periodo de dos semestres comprendidos entre las fechas de 13 de Mayo 2013 a 14 de Mayo 2014, teniendo en cuenta el calendario académico de la universidad en las fechas respectivas. En la Tabla 1, se observa una ocupación estimada de cada mes.

Tabla 1. Ocupación de estudiantes por mes (estimado).

Mes de consumo	Ocupación (Personas)
may-13	33721,00
jun-13	75665,00
jul-13	44167,00
ago-13	47889,00
sep-13	59988,00
oct-13	60281,00
nov-13	16908,00
dic-13	17544,00
ene-14	15614,00
feb-14	84658,00
mar-14	76661,00
abr-14	73543,00
may-14	61392,00

6. HERRAMIENTAS DE CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA EN EL EDIFICIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

En esta etapa se busca determinar potenciales de ahorro por gestión energética y por gestión de la producción, también tendencias de la eficiencia energética del edificio y el estado actual del sistema de gestión energético.

6.1 APLICACIÓN DEL CALIFICADOR DE NIVELES DE GESTIÓN ENERGÉTICA

El modelo de Gestión Integral de la Energía cuenta con un software disponible por la UPME que permite evaluar el nivel de gestión energética. Este, calificador dará una estimación a cada uno de los ítems para llegar a una calificación total, con calificación de 0 a 5, siendo 0 la calificación más baja y 5 la más alta.

Esta encuesta será dirigida al personal involucrado en el uso, mantenimiento y operación del edificio de Ingeniería Industrial con el fin de identificar el estado actual del edificio y los resultados se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Calificador de Niveles de Gestión Energía (UPME).


Proyecto académico de Pre-Characterización				
	Programa Gestión Integral de la Energía			
	Formato	003	Fecha	08/07/2014
	Página	1	Versión	1
	Formato Calificador simple - Norma ISO 5001			
EVALUACIÓN DE LAS BUENAS PRÁCTICAS DE GESTIÓN ENERGÉTICA EDIFICIO ING INDUSTRIAL			Calificación (de 1 a 5)	
PLANEACION			1,2	
Existe una política energética insertada en la política general del edificio de Ing. Industrial o de forma independiente.			2	
Existen objetivos energéticos cuantitativos y cualitativos insertados en los objetivos generales del edificio de Ing. Industrial.			1	
Tabla 2. (Continuación)				
Existen metas a nivel del edificio y a nivel de áreas cuyo cumplimiento permite lograr un ahorro energético.			1	
Están identificadas y cuantificadas en cada área las variables que impactan la eficiencia energética en el edificio.			1	
Existe un procedimiento establecido para determinar el indicador de eficiencia energética que puede alcanzar el edificio de Ing. Industrial.			1	
Los presupuestos de consumo y eficiencia energética son discutidos y aprobados con participación de las áreas que deben cumplirlos.			1	
GERENCIA			2,5	
Existe un procedimiento establecido para determinar y validar el potencial de reducción del consumo de energía en cada área del edificio.			2,5	
Existe una entidad que evalúa la marcha del desempeño de los indicadores energéticos del edificio y las áreas de trabajo periódicamente adoptando medidas en casos necesarios.			4	
Existe un procedimiento establecido para determinar y validar el potencial de reducción del consumo de energía en cada área.			2	
Existe un procedimiento para efectuar el monitoreo de los indicadores energéticos diarios a nivel de áreas de trabajo del edificio.			3,5	
Existen líderes y equipos en cada área encargados de analizar la información del resultado del monitoreo, para tomar decisiones operativas, evaluar el resultado del accionamiento de las variables de control e identificar nuevos potenciales de incremento de la eficiencia energética en el edificio.			2	
Están definidas las responsabilidades y los procedimientos que garanticen la eficiencia energética del edificio en las áreas de: Docencia, mantenimiento, gestión ambiental, proyectos, gestión administrativa.			1	
OPERACIÓN			2,3	
Existe un sistema de monitoreo de indicadores energéticos y metas diario a nivel de operación que permite corregir desviaciones de estos respecto a la meta de índice de consumo logable.			2,5	

Tabla 2. (Continuación)

Se tiene identificados los eventos que impactan sus índices de consumo y los procedimientos operativos para evitarlos.	1
Existen procedimientos establecidos en cada área para que el personal de servicios varios, actúen siempre en la dirección del menor gasto energético posible ante eventos operacionales excepcionales o imprevistos.	3,5
Están capacitados y entrenados los operadores en el conocimiento energético de los procesos que manejan para efectuar, mediante listas de chequeo, auto diagnósticos energéticos y corregir o identificar potenciales de mejora.	3
Existen procedimientos para documentar y tramitar los resultados de los autodiagnósticos y divulgar eventos de paradas energéticas, causas, tiempos y acciones correctivas	2,5
El profesorado y la dirección de Ing. Industrial conocen el impacto de los factores claves en el consumo energético jornadas académicas, horarios académicos y administrativos, periodos de cero ocupación, ocupación de salones y auditorios, factor de carga de equipos de aire acondicionado, sistemas de iluminación, equipos de cómputo, consumo energéticos y se hace seguimiento y registro diario a los mismos.	1
MANTENIMIENTO	3,1
Existe una infraestructura de medición de los consumos energéticos que permite medir los gastos energéticos del edificio y evaluar el desempeño de este indicador en el tiempo.	5
Existe documentación técnica del fabricante de los equipos claves de consumo con las recomendaciones de mantenimiento, operación, arranques, paradas, sistemas de control etc... y es conocida y aplicada correctamente por sus operadores.	4
Existe implementado un sistema de mantenimiento autónomo a los equipos y los operadores cuentan con un procedimiento para informar los daños, inconformidades o eventos observados en sus equipos a partir del chequeo del mantenimiento autónomo a sus equipos.	4
Los operadores realizan mantenimiento autónomo de sus equipos principales a partir de listas de chequeo predeterminadas, evitando paradas o incrementos de consumos por suciedad, fugas, desajuste de uniones etc...	3
Se organiza y planifica el programa de mantenimiento planificado correctivo, preventivo o predictivo, a todos los equipos y maquinaria en función del orden de prioridad establecido y los resultados son debidamente documentados.	2,5
El área de mantenimiento utiliza las posibilidades que le brindan los incentivos que establecen la ley URE 697 de 2001 y el decreto 3683 de 2003 para incrementar la frecuencia de diagnóstico y bajar sus costos.	1
El edificio de Ing. Industrial realiza, documenta y registra auditorías energéticas anualmente para conocer el estado de eficiencia energética de sus equipos claves y actualizar sus planes de mantenimiento y de proyectos de mejora de la eficiencia.	2
ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	2,2
La Gerencia General tiene como filosofía impulsar programas de calidad en el edificio de Ing. Industrial y para ello capacita adecuadamente a todos los empleados en aspectos de calidad y de mejoramiento continuo incluyendo temas de eficiencia energética de los procesos de planeación, operación, mantenimiento.	3
Está certificada con las normas ISO14000.	1
La empresa está certificada con las normas ISO 9000	3
La empresa promueve auditorias periódicas para mantener y mejorar el cumplimiento de las normas ISO.	3
La empresa aplica voluntariamente una norma de gestión energética.	1
COMERCIALIZACION Y COMPRAS	3,0
Existe un procedimiento para la compra de energía.	4

Tabla 2. (Continuación)

Existe un procedimiento para el seguimiento al cumplimiento del contrato de energía de la empresa con sus proveedores.	2,5
Existe un procedimiento especial para la compra de equipos o accesorios consumidores de energía que garantiza la adquisición más eficiente posible económicamente.	3
El edificio de Ing. Industrial tiene un plan de contingencia para proveerse de energía en el caso que se incremente su carga instalada.	3
Se tiene el seguimiento en el edificio de cuanto han variado en los últimos 2 años los costos de energéticos.	2,5
La universidad cuenta con una fuente de proveedores o asesores de servicios energéticos especializados con capacidad profesional y debidamente certificados que satisfacen oportunamente sus necesidades en este campo.	4
El edificio de Ing. Industrial cuenta con una fuente de proveedores de equipos de medición y control para las variables de consumo energético que tiene el edificio.	2
CONTABILIDAD Y FINANZAS	2,7
Existe la posibilidad de contabilizar y registrar mensualmente el consumo energético del edificio.	3,5
Los directivos del edificio de Ing. Industrial reciben los informes de resultados contables en los primeros días del mes siguiente. Un informe del resultado contable consiste en la tendencia de los costos energéticos consumidos por el edificio.	2,5
El edificio de Ing. Industrial evalúa la utilidad de sus inversiones en equipos, otros activos fijos y en general de sus inversiones, incluidas las de eficiencia energética.	2
GESTION HUMANA	3,0
El edificio de Ing. Industrial tiene un organigrama escrito e implantado donde las líneas de autoridad y responsabilidad formal y no formal están claramente definidas. En el mismo se incluye lo referente a la gestión energética.	3
El edificio tiene unas políticas y manuales de procedimientos escritos, conocidos y acatados por todo el personal. Entre los manuales se encuentra un manual de gestión energética.	3
La empresa tiene identificada las necesidades de capacitación del personal clave en las áreas de mantenimiento, producción, operación, para mantener la eficiencia energética de sus procesos y equipos y los índices de consumo en los niveles presupuestados.	3
Existen indicadores de desempeño energético a nivel de compañía y de áreas claramente entendidos por todos y que su divulgación permite conocer la situación mensual de los mismos.	3
La institución logra que el personal desarrolle un sentido de pertenencia con respecto a la reducción de los costos energéticos.	3
Es estimulado el trabajo en equipo por la eficiencia energética a nivel de áreas y del edificio.	3
El edificio de Ing. Industrial ha establecido programas e incentivos para mejorar la cultura energética.	3
El edificio cuenta con medios diferentes a la factura energética mensual, para medir cuantitativamente el incremento de la cultura energética en cada una de sus áreas claves.	3
INNOVACIÓN Y GESTION TECNOLÓGICA	1,8
Se conoce la eficiencia energética de los equipos principales de servicios del edificio.	2,5
Existe un proceso formal de investigación de nuevas tecnologías energéticas eficientes, que puedan contribuir al mejoramiento continuo en la parte energética.	2
Existe un ente en el edificio que se encarga del desarrollo de la vigilancia tecnológica.	1

Tabla 2. (Continuación)

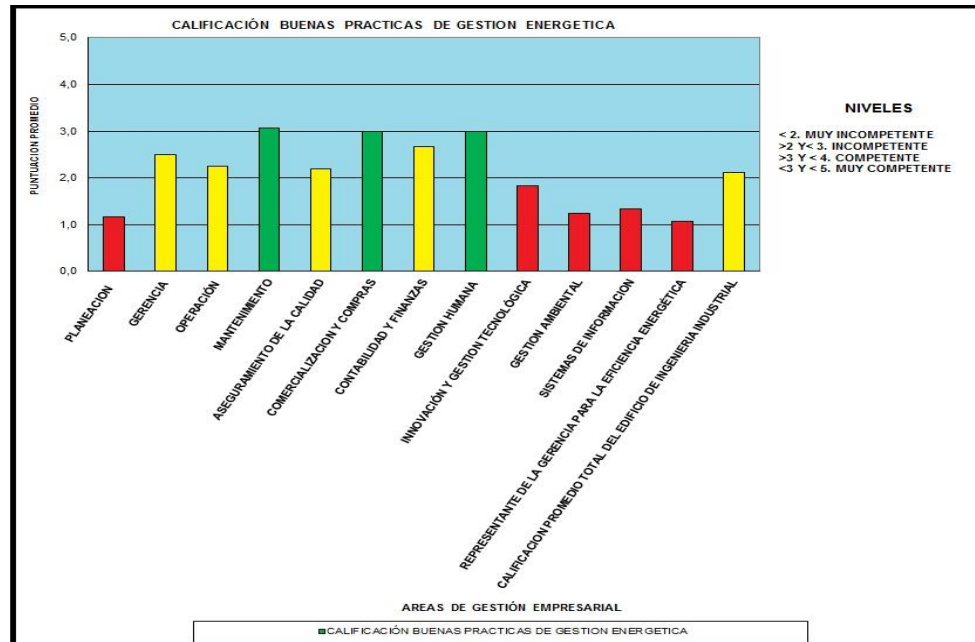
GESTION AMBIENTAL	1,3
Uno de los aspectos del desempeño ambiental que mide el edificio es la eficiencia energética de sus áreas de trabajo.	2
Para la selección, instalación, operación y mantenimiento de equipos se realizan consideraciones ambientales, además de los aspectos técnicos y económicos.	1
El edificio trata de minimizar el consumo de energía, mediante el mantenimiento preventivo y el uso de otras tecnologías.	1
Se cuenta con un programa de control de pérdidas energéticas en sus equipos y áreas claves.	1
SISTEMAS DE INFORMACION	1,3
Hay gestión a la vista del cumplimiento indicadores de eficiencia energética en las áreas de trabajo y a nivel general del edificio.	2
En el sistema de información general del edificio están incorporados los indicadores energéticos.	1
Existe un subsistema específico para la gestión energética que permite la toma de decisiones oportuna a nivel de operación y mantenimiento.	1
REPRESENTANTE DE LA GERENCIA PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA	1,1
Existe un representante de la gerencia para la eficiencia energética en la empresa.	1
Existe una evaluación y un registro diario o semanal de los comportamientos de los indicadores de eficiencia y consumos absolutos de energía en las áreas y a nivel general del edificio.	1
Existe una actividad mensual para evaluación del comportamiento de indicadores, presupuestos y consumos, así como de la marcha de los proyectos de mejora de la eficiencia energética.	1
Existen chequeos periódicos ante gerencia de las buenas prácticas de gestión empresarial por la eficiencia energética, documentado y registrado.	1,5
Existe coaching (entrenador) del representante de la gerencia para la eficiencia energética a los proyectos de mejora en cada área y a nivel del edificio.	1
Existen auditorias por el representante de gerencia para la eficiencia energética a las buenas prácticas de gestión a nivel de áreas.	1
Existe un árbol de indicadores energéticos a nivel del edificio que permite evaluar el impacto de cada área en el indicador general del edificio.	1
CALIFICACION PROMEDIO TOTAL DE LA EMPRESA	2,1

6.2 RESULTADOS DEL CALIFICADOR DE GESTIÓN ENERGÉTICA

En la Figura 7, se muestra que el edificio de Ingeniería Industrial tiene tres áreas de calificación en un nivel competente que son las áreas de Mantenimiento, Gestión Humana, Comercialización y Compras. Se tiene cuatro áreas con calificación incompetente que son las áreas de Gerencia, Operación, Aseguramiento de la Calidad y contabilidad. Y por último tenemos cinco áreas muy incompetentes las cuales son Planeación, Innovación y Gestión Tecnológica,

Gestión Ambiental, Sistemas de Información y Representante de la Gerencia para la Eficiencia Energética. Esto representa una calificación total (2,1) lo cual lo ubicaría en un nivel incompetente, que representa un limitante para lograr eficiencia en los procesos tanto productivos como de consumo de energía.

Figura 7. Resultados calificación buenas prácticas de gestión energética.



6.3 COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Los datos históricos de consumo se adquirieron por medio de la división de Planta física, la cual lleva control del consumo en los dos transformadores que existen en el edificio de Ingeniería Industrial ver Tabla 3. Los datos utilizados en este proyecto fueron tomados en Mayo 2013 hasta Mayo 2014, estos datos fueron registrados por dos medidores electrónicos de energía eléctrica activa y reactiva de tarifas múltiples, ver Figura 8.

Figura 8. Medidor de Electricidad de Tarifas Múltiples.

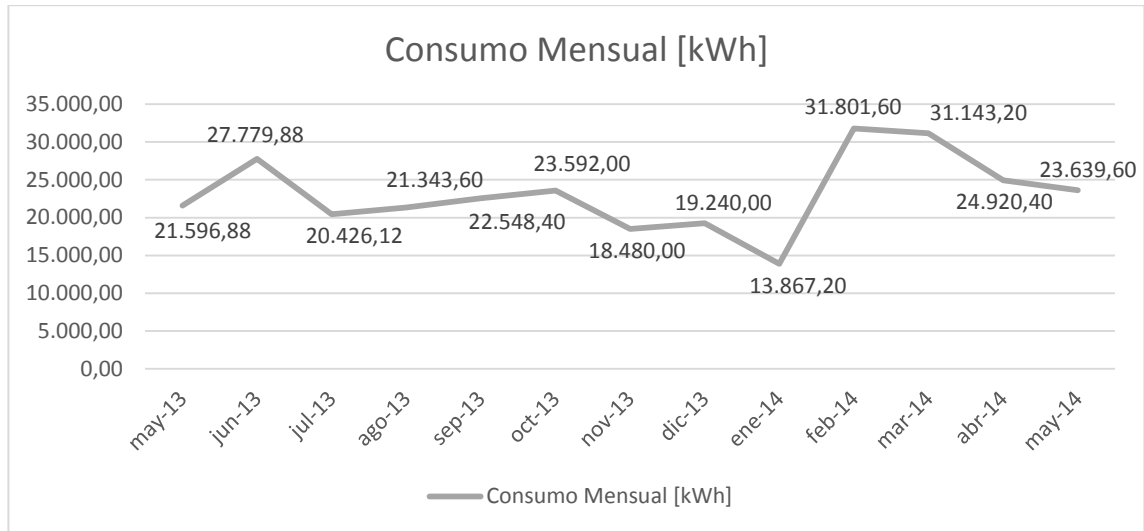


Tabla 3. Comportamiento histórico del consumo eléctrico del Edificio de Ingeniería Industrial.

Mes de consumo	Transformador (300kVA)	Transformador (225kVA)	Consumo Mensual [kWh]	Precio Mensual [\$]	Costo mensual [\$/kWh]
	Consumo [kWh]	Consumo [kWh]			
may-13	15.596,88	6.000,00	21.596,88	5.660.110,31	\$ 262.08
jun-13	21.179,88	6.600,00	27.779,88	7.218.324,02	\$ 259.84
jul-13	15.906,12	4.520,00	20.426,12	5.178.634,20	\$ 253.53
ago-13	12.543,60	8.800,00	21.343,60	5.587.114,17	\$ 261.77
sep-13	14.468,40	8.080,00	22.548,40	5.944.209,21	\$ 263.62
oct-13	13.632,00	9.960,00	23.592,00	6.152.557,68	\$ 260.79
nov-13	10.680,00	7.800,00	18.480,00	4.706.486,40	\$ 254.68
dic-13	11.400,00	7.840,00	19.240,00	4.862.525,20	\$ 252.73
ene-14	7.987,20	5.880,00	13.867,20	4.163.904,14	\$ 300.27
feb-14	24.681,60	7.120,00	31.801,60	8.882.186,88	\$ 279.30
mar-14	21.583,20	9.560,00	31.143,20	8.803.559,78	\$ 282.68
abr-14	16.520,40	8.400,00	24.920,40	7.102.064,80	\$ 284.99
may-14	17.079,60	6.560,00	23.639,60	6.841.300,24	\$ 289.40

En la Tabla 3, se observa que en el mes de Enero 2014 el costo mensual del kWh alcanzó los un costo de \$300,27 debido a que no se había firmado contrato con la empresa comercializadora encargada del suministro de energía eléctrica a la Universidad.

Figura 9. Comportamiento histórico del consumo eléctrico del Edificio de Ingeniería Industrial.



En la Figura 9 y Tabla 3, se observa el comportamiento del consumo energético del edificio de Ingeniería Industrial. Se observa un comportamiento constante en la mayoría de los meses del periodo de medición tomado. Se destaca el periodo comprendido entre diciembre y enero donde se presenta una tendencia a la baja en el consumo de energía debido al periodo de vacaciones, llegando al consumo mínimo de 13867,2 kWh.

Para el periodo comprendido por los meses de febrero y marzo con 31.800,6 kWh y 31.143,2 kWh respectivamente, son estos los valores de consumo más representativo debido a la reanudación de la actividad académica del edificio.

6.4 CENSO DE CARGA DEL EDIFICIO DE INGENIERIA INDUSTRIAL

Para el censo de carga del edificio de Ingeniería Industrial de la Universidad Industrial de Santander, ver Tabla 4, se obtuvo realizando la visita a las instalaciones que componen el edificio, contabilizando equipos instalados con su

tiempo de operación en la jornada de funcionamiento diario. Este censo se realizó con el fin de cuantificar los consumos por área que presenta el edificio de ingeniería industrial, además se busca identificar el 20% de los equipos y áreas que consumen el 80% de la energía en el proceso operativo del edificio.

Tabla 4. Censo de carga de todo el Edificio por Áreas.

EDIFICIO INGENIERIA INDUSTRIAL								
Equipo	Cantidad Equipos	Potencia [W]	Horas/Día	Día/Mes	Horas/Mensuales	Potencia [kW]	kWh Mensual Total	Área
Computador Hp	40	200	12	24	288	0,2	2304	SALA DE COMPUTO
Lámpara Sylvania	14	54	12	24	288	0,054	217,728	
UMAs	2	150	12	24	288	0,15	86,4	
Video Beam	1	285	12	24	288	0,285	82,08	
Sonido Genius	1	50	12	24	288	0,05	14,4	
Lámpara Philips	3	24	12	24	288	0,024	20,736	
UMAs	1	150	12	24	288	0,15	43,2	
Computador Hp	19	200	12	24	288	0,2	1094,4	
Lámpara Sylvania	8	54	12	24	288	0,054	124,416	
UMAs	1	33	12	24	288	0,033	9,504	
Lámpara Philips	1	24	12	24	288	0,024	6,912	
Computador Hp	2	200	12	24	288	0,2	115,2	
CONSUMO TOTAL SALA DE COMPUTO [kWh]							4118,98	
Computador Hp	29	200	8	24	192	0,2	1113,6	SALONES
Lámpara Sylvania	375	54	8	24	192	0,054	3888	
Video Beam	22	285	8	24	192	0,285	1203,84	
Sonido Genius	17	50	8	24	192	0,05	163,2	
UMAs	55	150	8	24	192	0,15	1584	
CONSUMO TOTAL SALONES [kWh]							7952,64	
Computador Hp	28	200	8	20	160	0,2	896	OFICINAS PROFESORES PLANTA
Lámpara Sylvania	216	54	8	20	160	0,054	1866,24	
UMAs	27	33	8	20	160	0,033	142,56	
CONSUMO TOTAL OFICINAS PROFESORES PLANTA [kWh]							2904,8	
Unidad Condensadora Aire	1	50900	6	4	24	50,9	1221,6	AUDITORIO
Lámpara Dobles	102	26	6	4	24	0,026	63,648	
Lámpara Sencilla	20	20	6	4	24	0,02	9,6	
Lámpara Silvana	12	54	6	4	24	0,054	15,552	
UMAs	1	800	6	4	24	0,8	19,2	

UMAs: Unidades Manejadoras de Aires.

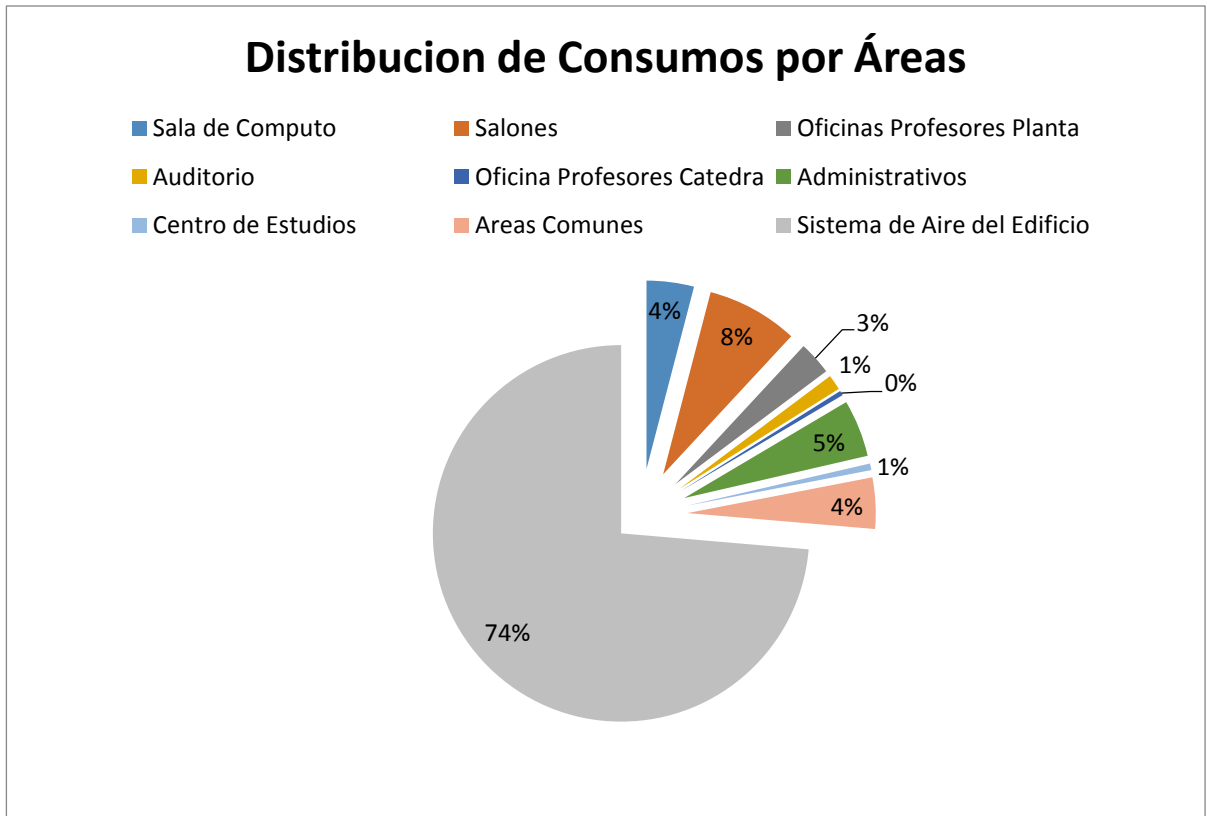
Continuación Tabla 4.

CONSUMO TOTAL AUDITORIO [kWh]							1329,6	
Computador Portátil	11	175	4	20	80	0,175	154	OFICINA PROFESORES CATEDRA
Lámpara Sylvania	48	54	4	20	80	0,054	207,36	
UMAs	2	150	8	20	160	0,15	48	
CONSUMO TOTAL OFICINA PROFESORES CATEDRA [kWh]							409,36	
Computador Hp	46	200	9	22	198	0,2	1821,6	ADMINISTRATIVOS
Lámpara Sylvania	315	54	7	22	154	0,054	2619,54	
Ventilador	3	70	4	22	88	0,07	18,48	
Impresoras	3	33	8	22	176	0,033	17,424	
UMAs	17	150	8	22	176	0,15	448,8	
Bombillas	26	25	5	15	75	0,025	48,75	
CONSUMO TOTAL ADMINISTRATIVOS [kWh]							4974,594	
Computador HP	2	200	10	20	200	0,2	80	CENTRO DE ESTUDIOS
Impresora	1	12	10	20	200	0,012	2,4	
Equipo de Sonido	1	260	10	20	200	0,26	52	
Lámpara Sylvania	20	54	10	20	200	0,054	216	
UMAs	3	150	10	20	200	0,15	90	
Nevera	1	664	10	20	200	0,664	132,8	
CONSUMO TOTAL CENTRO DE ESTUDIO [kWh]							573,2	
Nevera	4	664	24	28	672	0,664	1784,832	AREAS COMUNES
Cafetera SM	1	3000	12	24	288	3	864	
Cafetera Instantáneo	1	1800	12	24	288	1,8	518,4	
Mezcladora de Jugos	1	1440	9	22	198	1,44	285,12	
Horno Micro	1	1200	4	12	48	1,2	57,6	
Plancha Sanduchera	1	1400	4	12	48	1,4	67,2	
Lámpara Sylvania	36	54	8	24	192	0,054	373,248	
Vitrina (Empanadas)	1	10	7	24	168	0,01	1,68	
Refrigerador	1	150	24	28	672	0,15	100,8	
Equipo de Sonido	1	260	7	24	168	0,26	43,68	
Lámpara Doble	95	26	6	24	144	0,026	355,68	
Cafetera	1	72,9	3	15	45	0,0729	3,2805	
CONSUMO TOTAL AREAS COMUNES [kWh]							4455,52	
Unidad Condensadora Aire 1	13	14000	16	24	384	14	69888	SISTEMA DE AIRE DEL EDIFICIO
Unidad Condensadora Aire 2	1	7160	16	24	384	7,16	2749,44	
Unidad Condensadora Aire 3	1	5280	16	24	384	5,28	2027,52	
CONSUMO TOTAL DEL SISTEMA DE AIRE [kWh]							74664,96	
CONSUMO TOTAL DEL EDIFICIO [kWh]							101383,65	

UMAs: Unidades Manejadoras de Aires.

En la Figura 10, se observa que el mayor consumo energético en el edificio de ingeniería industrial se presenta en el sistema de aires, conformados por las unidades condensadoras de aires, y las unidades manejadoras de aires (UMAs).

Figura 10. Distribución de consumo por áreas del censo de carga (estimado).



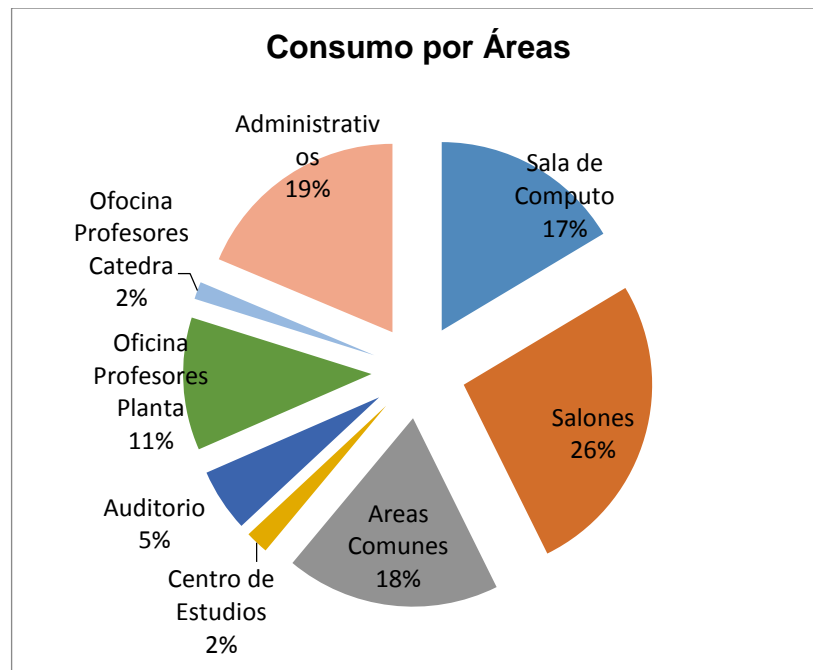
La Subestación del edificio de Ingeniería Industrial, está compuesta por dos transformadores, el primero transformador alimenta las unidades condensadoras de aires y las UMAs, mientras que el segundo transformador alimenta los servicios generales del edificio. Por medio del censo de carga se evidencia que la mayor carga instalada es el sistema de aire acondicionado. Por lo tanto se concentraran esfuerzos planteando estrategias que permitan disminuir el consumo y lograr un funcionamiento óptimo del sistema de aires. Además se estudia el impacto que genera la carga instalada de los servicios auxiliares.

A continuación se muestra la Tabla 5, con la distribución de la carga instalada es la de servicios generales del edificio.

Tabla 5. Consumo por áreas de servicios generales del edificio (estimado).

Consumo por Áreas		
Áreas	kWh Mensual	%
Sala de Computo	3979,87	16%
Salones	6368,64	26%
Áreas Comunes	4455,52	18%
Centro de Estudios	483,2	2%
Auditorio	1310,4	5%
Oficina Profesores Planta	2762,24	11%
Oficina Profesores Cátedra	361,36	1%
Administrativos	4525,794	19%
Total de Consumo	24247,03	100%

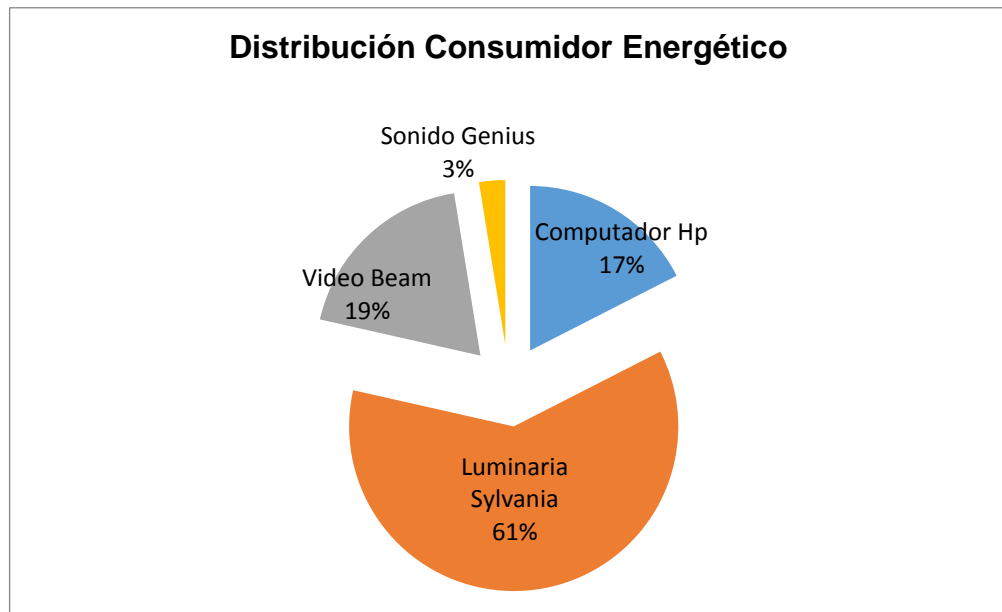
Figura 11. Distribución de consumo por áreas de servicios generales del edificio (estimado).



Se observa en la Figura 11, que el área de Salones con un 26% presenta mayor impacto en el consumo energético, conformada principalmente por equipos de cómputo, luminarias y otros equipos como video Beam y sonido Genius.

La siguiente distribución por consumidor de los salones (Figura 12), muestra los elementos con mayor consumo en esta área. Se observa en esta distribución que la iluminación representa el consumidor energético más representativo.

Figura 12. Distribución por consumidor energético (estimación).



6.5 CARACTERIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Para tratar la caracterización energética del edificio de Ingeniería Industrial se emplean herramientas estadísticas propuestas en la guía de la UPME [3]. Para este proyecto se determinó que la producción está representada en los estudiantes y profesores que hacen uso del edificio.

6.6 DIAGRAMA DE PARETO DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

El diagrama de Pareto es muy útil para aplicar la ley de Pareto o ley 80 – 20 que identifica el 20% de las causas que provoca el 80% de los efectos de cualquier fenómeno estudiado.

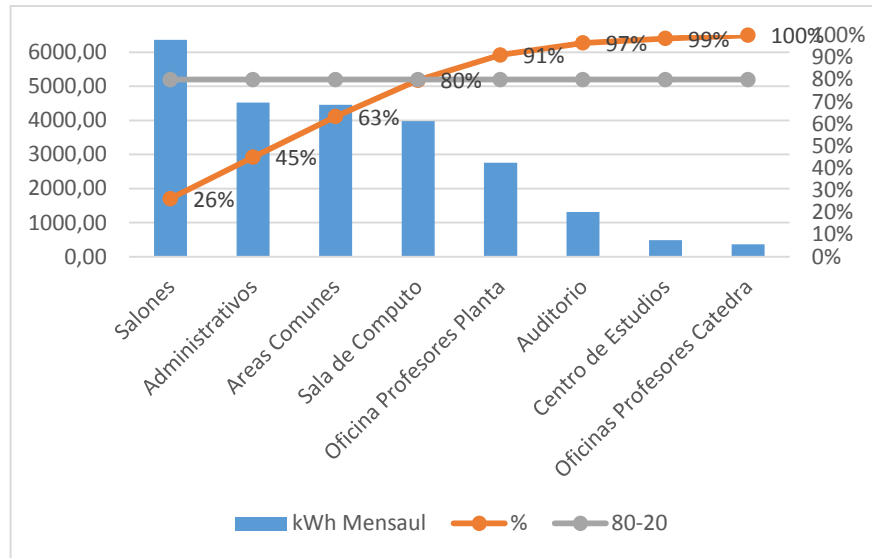
Para el edificio de Ingeniería Industrial se identifica y concentra los esfuerzos en los puntos clave de un problema o fenómeno como: Los mayores consumidores de energía del edificio, las mayores pérdidas energéticas del edificio o los mayores costos energéticos del edificio.

A continuación se presenta la Tabla 6, con los Consumos por Áreas del Edificio.

Tabla 6. Consumo por áreas del edificio (estimada).

Áreas	kWh Mensual	%
Salones	6368,64	26%
Administrativos	4525,79	45%
Áreas Comunes	4455,52	63%
Sala de Computo	3979,87	80%
Oficina Profesores Planta	2762,24	91%
Auditorio	1310,4	97%
Centro de Estudios	483,2	99%
Oficinas Profesores Catedra	361,36	100%
Total de Consumo	24247,03	

Figura 13. Diagrama Pareto de consumos edificio Ingeniería Industrial (estimado).



En la Figura 13, mostrada anteriormente el diagrama de Pareto de los consumos del edificio de ingeniería Industrial se observa que las áreas de mayor impacto son: Salones, administrativos, áreas comunes, sala de computo, este representa el 79,72% del consumo total, por lo tanto estas áreas se convierten de interés en el análisis de la caracterización energética.

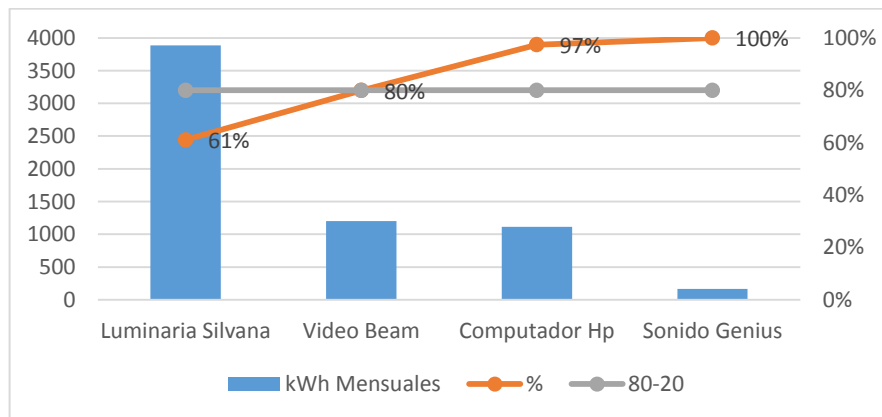
6.7 ESTRATIFICACIÓN

La estratificación se realiza con el fin de identificar las causas particulares más influyentes de las áreas analizadas anteriormente, a continuación en la Tabla 7, se encuentran las causas particulares de los efectos ya encontrados. Por medio de la estratificación se podrá identificar el mínimo número de equipos que generan la mayor parte de los consumos totales del edificio.

Tabla 7. Consumo salones (estimado).

SALONES		
EQUIPO	kWh MENSUAL	%
Luminaria Sylvania	3888	61%
Video Beam	1203,84	80%
Computador Hp	1113,6	97%
Sonido Genius	163,2	100%
Total Consumo	6368,64	

Figura 14. Pareto de Consumos de Salones.



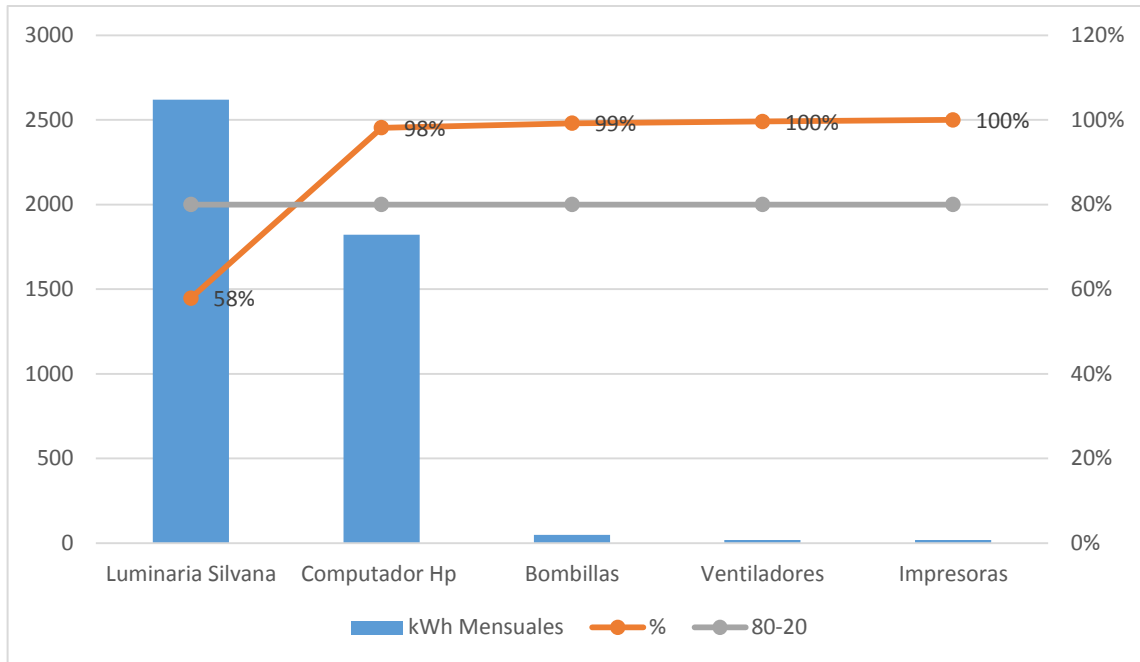
De la Figura 14 y la Tabla 7, mostradas anteriormente se observa que los equipos de mayor impacto el consumo del área de salones del edificio de ingeniería Industrial son las luminarias Silvana y el video Beam respectivamente con un 79,95% del consumo total del área.

En la Figura 15 y la Tabla 8, se observa que la luminaria Silvana genera el mayor impacto con un 57,88% del consumo de las oficinas de administrativos del edificio.

Tabla 8. Consumo administrativos (estimado).

ADMINISTRATIVOS		
EQUIPO	kWh MENSUAL	%
Luminaria Sylvania	2619,54	58%
Computador Hp	1821,6	98%
Bombillas	48,75	99%
Ventiladores	18,48	100%
Impresoras	17,42	100%
Total Consumo	4525,79	

Figura 15. Pareto de consumos administrativos (estimado).

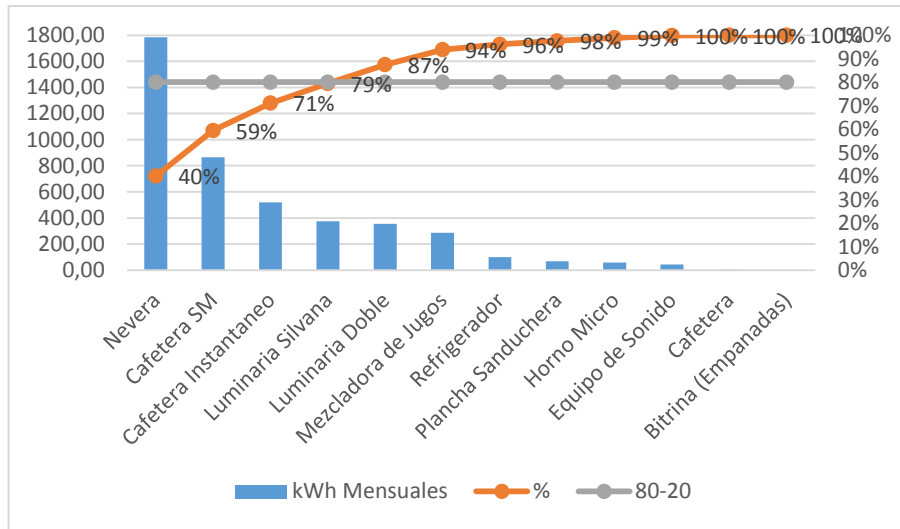


Para la Tabla 9 y la Figura 16, se tiene el diagrama de Pareto de las áreas comunes del edificio de Ingeniería Industrial. Esta área se compone por la cafetería, pasillos, cocinas, y baños. Por lo tanto se observa que los equipos que generan un mayor consumo están representados por equipos de cafetería y la iluminación en pasillos, cafetería y baños, estos equipos son el 87,45% del consumo en esta área.

Tabla 9. Consumo en áreas comunes (estimado).

AREAS COMUNES		
EQUIPO	kWh MENSUAL	%
Nevera	1784,83	40%
Cafetera SM	864	59%
Cafetera Instantáneo	518,4	71%
Luminaria Sylvania	373,25	79%
Luminaria Doble	355,68	87%
Mezcladora de Jugos	285,12	94%
Refrigerador	100,8	96%
Plancha Sanduchera	67,2	98%
Horno Micro	57,6	99%
Equipo de Sonido	43,68	100%
Cafetera	3,28	100%
Vitrina (Empanadas)	1,68	100%
Total Consumo	4455,52	

Figura 16. Pareto de Consumos en Áreas Comunes.



En la Tabla 10, se observa que el mayor consumo es generado por los computadores con 3.513,6 kWh mensuales que representa el 88% del consumo total en la sala de cómputo del edificio.

Tabla 10. Consumo sala de cómputo (estimado).

SALA DE COMPUTO		
EQUIPO	kWh MENSUAL	%
Computador Hp	3513,6	88%
Luminaria Silvana	342,14	9%
Video Beam	82,08	2%
Luminaria Philips	27,65	1%
Sonido Genius	14,4	0%
Total de Consumo	3979,87	

6.7 DIAGRAMA ENERGÍA, OCUPACIÓN VS TIEMPO

En gráfico de consumo, ocupación vs tiempo, se busca mostrar la variación simultánea del consumo energético con la ocupación que presenta el edificio en función del tiempo. Este grafico permite identificar los periodos en donde se

producen comportamientos anormales en la variación del consumo con respecto a la variación de la ocupación del edificio.

En la Tabla 11 y la Figura 17, se describe la variación relativa del consumo, y ocupación en el tiempo, para determinar cuantitativamente comportamientos anómalos que se puedan presentar.

Generalmente al ocurrir un incremento de la producción produce un incremento del consumo de energía asociado al proceso y viceversa. Se presentan comportamientos atípicos si:⁴

- Incrementa la producción y decrece el consumo de energía.
- Decrece la producción y se incrementa el consumo de energía.
- La razón de variación de producción y consumo, ambos creciendo o decreciendo es significativamente diferente en el periodo analizado.

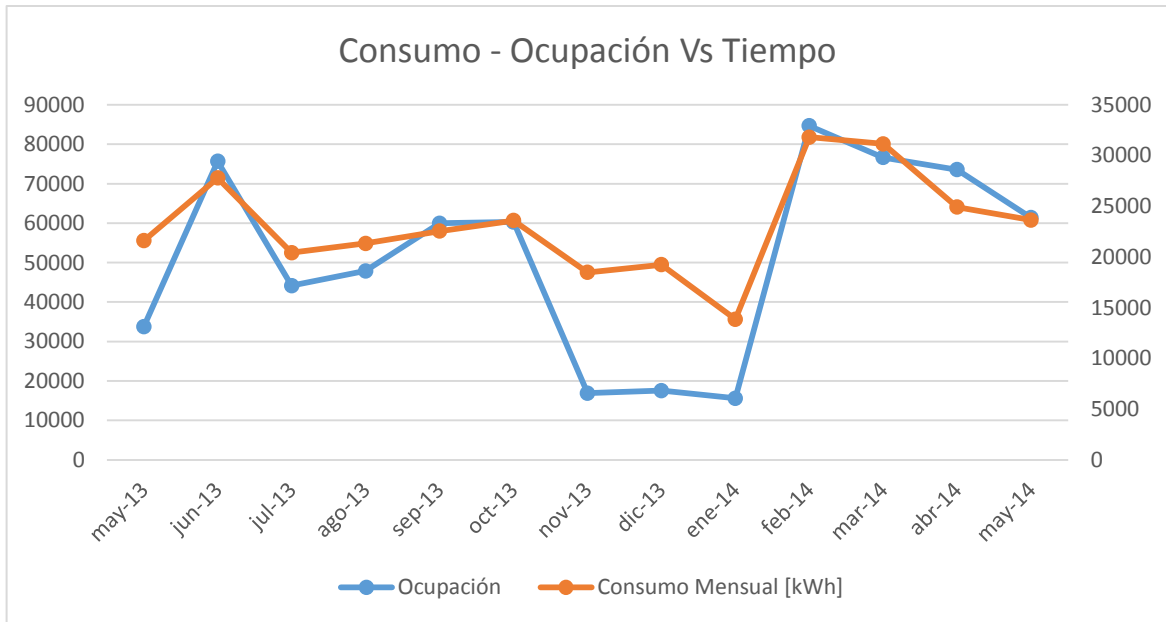
Se observa que en el mes de febrero se presenta una anomalía debido a que en ese periodo se presentó una cantidad considerable de personas en el edificio para un consumo energético relativamente bajo.

Tabla 11. Variación relativa del consumo, ocupación en el tiempo.

Mes de consumo	Consumo Mensual [kWh]	% Variación	Ocupación	% Variación	Comportamiento
may-13	21596,88		33721		
jun-13	27779,88	-0,29	75665	-1,24	NORMAL
jul-13	20426,12	0,26	44167	0,42	NORMAL
ago-13	21343,6	-0,04	47889	-0,08	NORMAL
sep-13	22548,4	-0,06	59988	-0,25	NORMAL
oct-13	23592	-0,05	60281	-0,005	NORMAL
nov-13	18480	0,22	16908	0,72	NORMAL
dic-13	19240	-0,04	17544	-0,04	NORMAL
ene-14	13867,2	0,28	15614	0,11	NORMAL
feb-14	31801,6	-1,29	84658	-4,42	ANÓMALO
mar-14	31143,2	0,02	76661	0,09	NORMAL
abr-14	24920,4	0,20	73543	0,04	NORMAL
may-14	23639,6	0,05	61392	0,17	NORMAL

⁴ Herramientas para el Análisis de Caracterización de la Eficiencia Energética.

Figura 17. Variación Relativa del Consumo, Ocupación en el Tiempo.



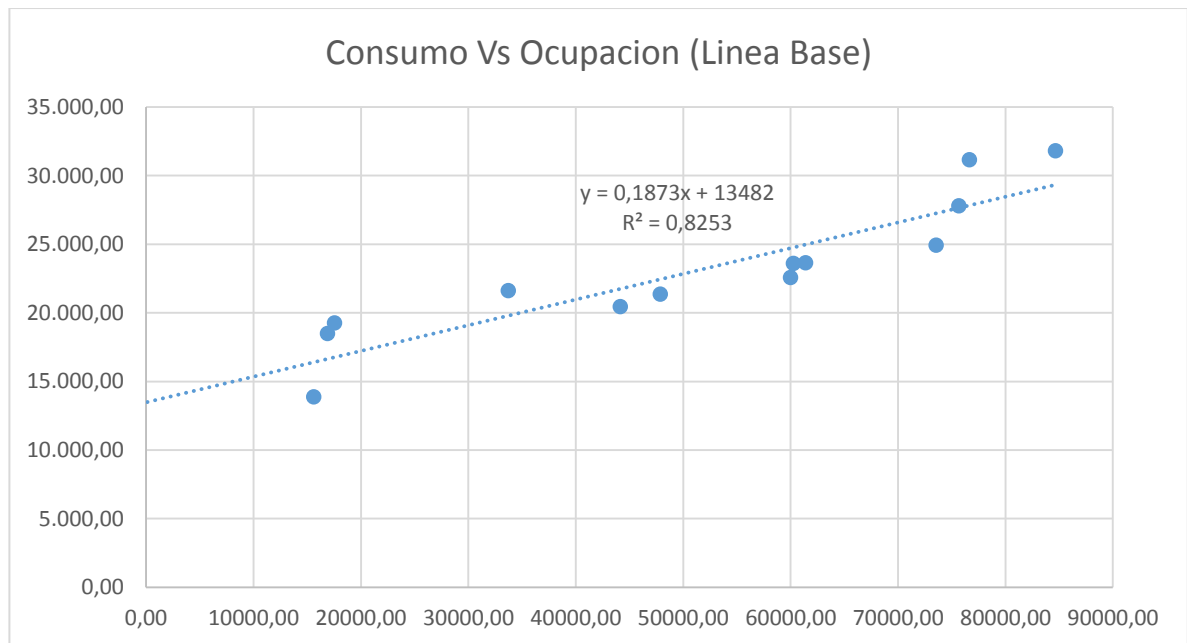
6.8 DIAGRAMA DE ENERGÍA VS OCUPACIÓN DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

En el análisis de la eficiencia energética del edificio de Ingeniería Industrial es importante determinar el comportamiento de la variación del consumo energético en función de la ocupación, para determinar cuantitativamente la energía no asociada a la cantidad de personas presentes en el edificio de Ingeniería Industrial. Debido a que existen tres transformadores que alimentan el edificio se hará un análisis general ver Tabla 12. Con esta información se calcula la línea base ver Figura 18, lo cual será punto de partida para la caracterización.

Tabla 12. Consumo energía y ocupación total.

Mes de consumo	Transformador (300kVA)	Transformador (225kVA)	Consumo Mensual [kWh]	Total Personas/Mes
	Consumo [kWh]	Consumo [kWh]		
may-13	15.596,88	6.000,00	21.596,88	33721,00
jun-13	21.179,88	6.600,00	27.779,88	75665,00
jul-13	15.906,12	4.520,00	20.426,12	44167,00
ago-13	12.543,60	8.800,00	21.343,60	47889,00
sep-13	14.468,40	8.080,00	22.548,40	59988,00
oct-13	13.632,00	9.960,00	23.592,00	60281,00
nov-13	10.680,00	7.800,00	18.480,00	16908,00
dic-13	11.400,00	7.840,00	19.240,00	17544,00
ene-14	7.987,20	5.880,00	13.867,20	15614,00
feb-14	24.681,60	7.120,00	31.801,60	84658,00
mar-14	21.583,20	9.560,00	31.143,20	76661,00
abr-14	16.520,40	8.400,00	24.920,40	73543,00
may-14	17.079,60	6.560,00	23.639,60	61392,00

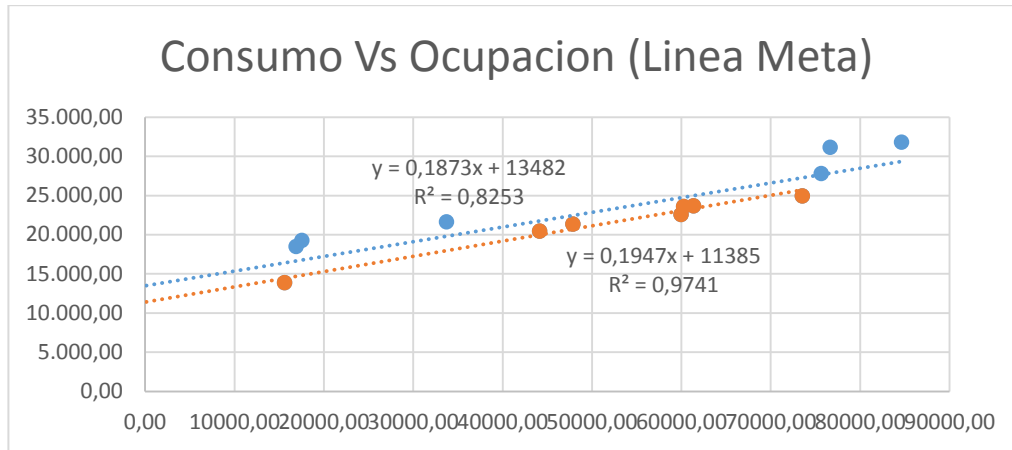
Figura 18. Consumo Vs ocupación (línea base).



El análisis de consumo de energía eléctrica vs ocupación mostrado en la Figura 18, revela importante información sobre la eficiencia de los procesos energéticos del edificio. El gráfico se realiza con datos de consumo y ocupación en el periodo comprendido desde Mayo 2013 hasta Mayo 2014 mostrados en la Tabla 12. Un dato importante que se puede obtener de la gráfica es el índice de correlación que es ($R^2 = 0,83$), lo que indica que hay una relación aceptable entre estos datos, por lo tanto podemos tomar la ecuación en cuenta para observar el comportamiento del consumo respecto a la producción. Donde podemos observar un valor mensual de 13,482 kWh es la energía no asociada a la producción, este valor representa el 58,35 % del consumo promedio de la energía eléctrica.

6.8.1 Gráfico de consumo vs ocupación meta. Analizado el gráfico de consumo – ocupación se obtuvo el valor no asociado a la ocupación del edificio, se procederá a realizar una meta de reducción del consumo para estimar una disminución de pérdidas de dinero ver Figura 19. El objetivo de este gráfico es mostrar que en el edificio se presentaron bajos consumos para buenos niveles de ocupación, resultando importante establecer medidas que permitan un comportamiento que siga la ecuación del gráfico meta obtenida. Con una nueva correlación de ($R^2 = 0,9741$), en cuanto a la energía no asociada a la ocupación se obtiene una reducción de 13,482 kWh a 11,385 kWh. Esto presenta un ahorro aproximado de \$ 458 816,8 al mes, equivalente a 2,094 kWh al mes, ahorro que se puede lograr sin mayores inversiones, las recomendaciones para lograr este ahorro se darán en el Capítulo 6 análisis y recomendaciones para hacer uso racional y eficiente de la energía eléctrica.

Figura 19. Consumo Vs ocupación (línea meta).



6.9 DIAGRAMA DE INDICADORES DE CONSUMO VS OCUPACIÓN

En el diagrama IC Vs ocupación es muy útil para establecer sistemas de gestión energética, y estandarizar procesos productivos a niveles de eficiencia energética superiores, valores de IC por debajo de la curva teórica indica un incremento de eficiencia del proceso, en el caso contrario existe un potencial de disminución del índice de consumo igual a la diferencia entre el IC real (sobre la curva) y el IC teórico (en la curva) para igual producción. En cada gráfico IC Vs. P existe un punto donde comienza a dispararse el índice de consumo para bajas producciones. Este punto lo podemos denominar punto crítico. Producciones por encima del punto crítico no cambian significativamente el índice de consumo, sin embargo, por debajo del punto crítico se incrementa cada vez más.⁵

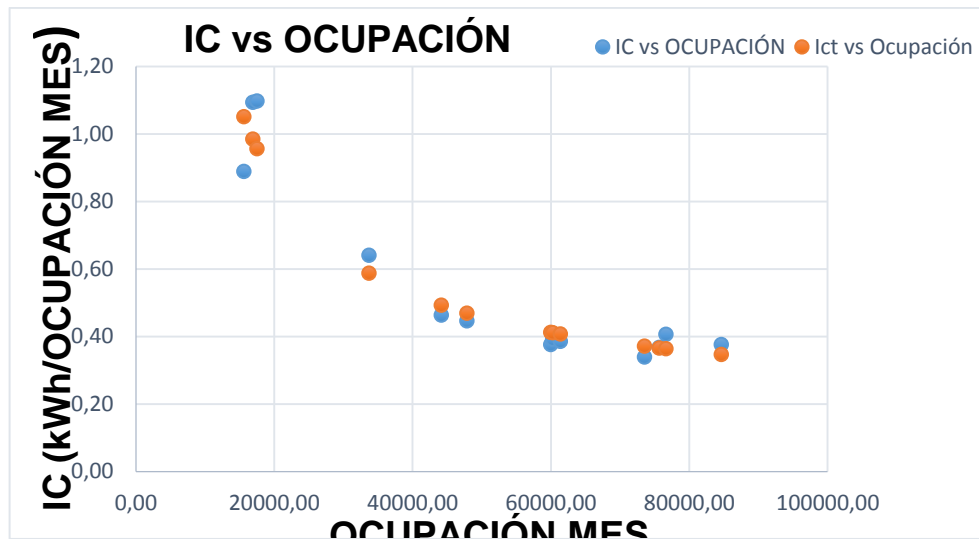
La curva de la Figura 20, muestra que el índice de consumo depende del nivel de la ocupación que tiene el edificio. En la medida que la ocupación disminuye es posible que disminuya el consumo total de energía ver Tabla 13.

⁵ Herramientas para el Análisis de Caracterización de la Eficiencia Energética.

Tabla 13. Indicadores de consumo Vs ocupación (estimado).

Consumo Mensual [kWh]	Ocupación/Mes	Ic(kWh/Ocupación mes)	Ct	Ict
21596,88	33721,00	0,64	19797,94	0,59
27779,88	75665,00	0,37	27654,05	0,37
20426,12	44167,00	0,46	21754,48	0,49
21343,60	47889,00	0,45	22451,61	0,47
22548,40	59988,00	0,38	24717,75	0,41
23592,00	60281,00	0,39	24772,63	0,41
18480,00	16908,00	1,09	16648,87	0,98
19240,00	17544,00	1,10	16767,99	0,96
13867,20	15614,00	0,89	16406,50	1,05
31801,60	84658,00	0,38	29338,44	0,35
31143,20	76661,00	0,41	27840,61	0,36
24920,40	73543,00	0,34	27256,60	0,37
23639,60	61392,00	0,39	24980,72	0,41

Figura 20. Indicadores Vs Ocupación.



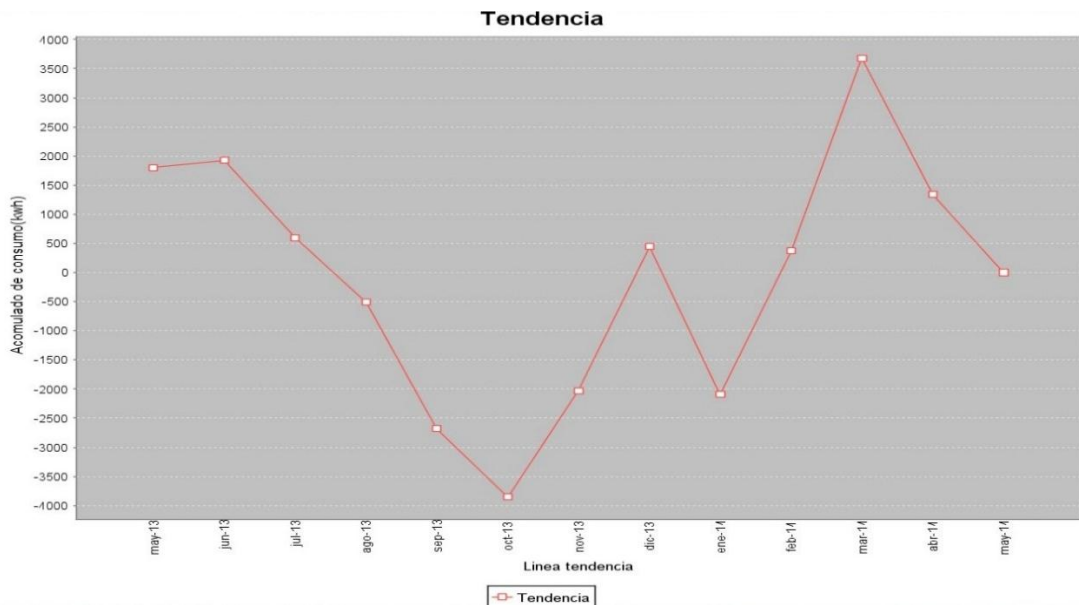
El Figura 20, el índice de consumo teórico se representa con los puntos naranja y el índice de consumo real se representa con los puntos azules, se observa un incremento del índice de consumo de 0,34 y 1,10 kWh/Ocupación, se puede observar que el punto crítico se encuentra en acerca a los 60,000 personas mensuales ocupando el edificio, valores de ocupación por debajo del punto crítico resulta una zona de ocupación de baja eficiencia energética generando un aumento en la energía no asociada a la ocupación del edificio.

6.10 GRÁFICO DE TENDENCIA

En la Figura 21, se utiliza para monitorear la tendencia que presenta el edificio en cuanto a la variación de sus consumos energéticos, con respecto al período base de consumo histórico obtenido.

Por medio del gráfico de tendencia también se puede determinar cuantitativamente la magnitud de la energía que se ha dejado de consumir o se ha sobre consumido hasta el momento de su actualización. Se observa que durante los primeros meses de un comportamiento normal empieza a presentar una tendencia a la baja debido al periodo de vacaciones; a partir de octubre debido al inicio de un nuevo semestre académico el comportamiento de los consumos energéticos presenta un aumento hasta el mes de diciembre. Se observa también que a partir de enero comienza un ascenso bastante notorio del consumo de energía teniendo su máximo valor en marzo del 2014 aproximadamente de 3800 kWh.

Figura 21. Tendencia.



6.11 REPORTE DE CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Los resultados obtenidos que se observan en Tabla 14 y 15, permiten observar un ahorro significativo que se puede lograr mejorando la eficiencia energética del edificio, dando como resultado, un ahorro hora de 2,38 kWh los cuales representan un ahorro de \$ 637,25. Un ahorro día de 57,13 kWh los cuales representan un ahorro de \$ 15 293,89. Y un ahorro Mensual de 1 713,99 kWh los cuales representan un ahorro de \$ 458 816,8. Teniendo en cuenta estos datos se puede tener en cuenta un ahorro anual de 20 567,83 kWh equivalentes a \$ 5 505.801,58.

Tabla 14. Reporte de caracterización energía de energía eléctrica fuente; software de caracterización energética.

Transformador 1: 300 kVA	
REPORTE DE MONITOREO DE LA CARACTERIZACION ENERGETICA	
Fecha	21/09/2014
Costo Energético	\$ 269,67
Valores Periodo Base (Datos Filtrados)	
Periodo	Mayo 2013 a Maya 2014
Producción Máxima (Personas/mes)	84 658
Producción Mínima (Personas/mes)	15 614
Producción Promedio (Personas/mes)	51 387
Consumo de Energía Máximo (kWh)	31 801.6
Consumo de Energía Mínimo (kWh)	13 867.2
Consumo de Energía Promedio (kWh)	23 106.07
Fiabilidad Inicial	100
Línea Base	$E=0,19 \cdot P+13.482,25$
Correlación	$R=0,83$
Tipo de Control	Fuerte
Energía No Asociada a la Producción Periodo Base	
Energía No Asociada a la Producción Periodo Base (kWh)	13.482,25
Energía no Asociada %	58,35
Valores Línea Meta	
Producción Máxima (Personas/mes)	73 543
Producción Mínima (Personas/mes)	15 614
Producción Promedio (Personas/mes)	51.839,14
Consumo de Energía Máximo (kWh)	24.920,4
Consumo de Energía Mínimo (kWh)	13.867,2
Consumo de Energía Promedio (kWh)	21.476,76
Línea Base	$E=0,19 \cdot P+11.768,26$
Correlación	$R=0,97$
Energía No Asociada a la Producción Periodo Base	
Energía No Asociada a la Producción Periodo Base (kWh)	11.768,26
Energía no Asociada %	54.8

Tabla 15. Cuadro de Ahorro de Energía.

	Ahorro (kWh)	Ahorro \$
Hora	2,38	637,25
Diario	57,13	15.293,89
Mensual	1.713,99	458.816,8
Anual	20.567,83	5.505.801,58

6.12 BENEFICIO AL MEDIO AMBIENTE E INDICADORES AMBIENTALES

Teniendo en cuenta que el método de eficiencia energética sigue lineamientos y esfuerzos para la reducción de gases efecto invernadero, se debe cuantificar el aporte al medio ambiente por medio de su gestión energética demostrando la equivalencia de kg de Co2/kWh dejado de consumir.⁶

Para el cálculo del factor de emisión de Co2 del sistema eléctrico interconectado Nacional, se establece un factor del margen de operación es de 0.2716 kg de Co2/kWh.

$$20\ 567,83 \frac{\text{kWh}}{\text{Año}} \times 0,2716 \frac{\text{kg. Co2}}{\text{kWh}} = 5\ 586\ 222,628 \frac{\text{kg. Co2}}{\text{Año}}$$

El ahorro anual de 20 567,83 kWh/Año disminuiría 5, 586 Ton Co2/Año.

⁶ Formulación de un Plan de Desarrollo para las Fuentes no Convencionales de Energía en Colombia (PDFNCE).

7. ANÁLISIS Y RECOMENDACIONES PARA HACER UN USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

La ISO 50001 se basa en el modelo ISO de sistema de gestión familiar para más de un millón de organizaciones en todo el mundo que aplican normas como la ISO 9001 (gestión de calidad), ISO 14001 (gestión ambiental), ISO 22000 (seguridad alimentaria), ISO/IEC 27001 (información de seguridad). En particular, la norma ISO 50001 sigue el proceso Planificar-Hacer-Verificar-Actuar de mejora continua del sistema de gestión de la energía. Estas características permiten a las organizaciones integrar la gestión de la energía ahora con sus esfuerzos generales para mejorar la gestión de la calidad, medio ambiente y otros asuntos abordados por sus sistemas de gestión.⁷

Para realizar las recomendaciones para el uso racional y eficiente de la energía se realizarán los siguientes análisis:

1. Diagnóstico de iluminación.
2. Análisis y diagnóstico termográfico.
3. Regulación de tensión.
4. Calidad de energía eléctrica.

7.1 DIAGNÓSTICO DE ILUMINACIÓN

El diagnóstico energético es una herramienta indispensable para desarrollar las bases técnicas y financieras de un programa de ahorro de energía. El objetivo de practicar un diagnóstico energético a un sistema de iluminación, es la de identificar todas las posibles medidas de ahorro de energía en dicho sistema, durante un

⁷ Sistema de Gestión de la Energía Requisitos con Orientación para su Uso.

tiempo limitado; recopilar y ordenar todos los datos de consumo de energía e iluminación de la instalación.

7.1.1 Recopilación de datos en sitio

Características de las lámparas y luminarias: El sistema de iluminación del edificio de Ingeniería Industrial representa el 30,95% del consumo total estimado, a continuación se describen las características de las diferentes lámparas instaladas en este edificio.

Lámpara Sylvania FHO 54W T5 840 ver Tabla 16.

Tabla 16. Características del producto lámpara Sylvania FHO 54W T5 840.

Lámpara Sylvania	
Descripción comercial	FHO 54WT5 840
Forma del bulbo	Tubular
Terminado del bulbo/Color de luz	Blanco Neutro/ Luz Fresca
Potencia Nominal (W)	54
Tensión Nominal (V)	120
Base	G5
Longitud máxima L (mm)	1163,2
Diámetro D (mm)	16
Temperatura de color (K)	4100
Vida promedio (Horas)	20000
Flujo luminoso a 25° C (Lm)	4450

Este tipo de lámpara es una nueva generación de delgados tubos fluorescentes de alta eficiencia que ofrecen mayor colorimetría, fotometría y mantenimiento del rendimiento de lúmenes. Presenta un ahorro de energía hasta un 25% en comparación a los tubos T8 en luminarias adecuadas, opera en balastro electrónico para mejor eficiencia.

Figura 22. Lámpara Sylvania FHO 54W T5 840.



Generalmente la lámpara Sylvania FHO 54W T5 840 está instalada principalmente en salones, oficinas, salas de cómputo y centro de estudios.

Lámpara Sylvania 20669 – CF26DD/E/841/ECO:

Este tipo de lámpara generalmente instalada en pasillos, baños y auditorio. A continuación en la Tabla 11 se especifican sus características.

Tabla 17. Características del Producto Lámpara Sylvania 20669 – CF26DD/E/841/ECO.

SYLVANIA 20669 – CF26DD/E/841/ECO	
Base	G24q-3
Potencia	26 W
Flujo	1710 lm
IRC	83
Vida útil	12,000 horas

Figura 23. Lámpara Sylvania 20669.



7.1.2 Medición del nivel de iluminación. A continuación se muestra la medición de la iluminancia en distintas áreas del edificio de Ingeniería Industrial, con la finalidad de contrastarlas con las recomendadas en la guía de diagnóstico energético del sistema de iluminación de la UPME.⁸

Para la medición del nivel de iluminación se utilizó el siguiente equipo: Luxómetro Amprobe LM-120 ver Figura 24.

Figura 24. Luxómetro.



Se medirán las iluminancias colocando la célula del luxómetro sobre el plano de trabajo; normalmente el luxómetro se situará horizontal y a una altura sobre el suelo de unos 80 cm aproximadamente. La medición se hará como mínimo, en el caso usual de luminaria distribuidas simétricamente, en los puntos indicados. Se suman los 9 valores obtenidos de la iluminancia, se divide por 9 y el resultado es el valor que se tomará como el de iluminancia media (E_m). Se divide el menor de los 9 valores obtenidos por la iluminancia media calculada, y el resultado se toma como coeficiente de uniformidad.⁹

El coeficiente de uniformidad define el tipo de alumbrado entre la zona de trabajo y su entorno inmediato, para valores de coeficientes de uniformidad mayores a 0.8 el alumbrado es general, y para valores de coeficiente de uniformidad mayores a 0.5 el alumbrado es localizado

⁸ Diagnostico Energético del Sistema de Iluminación.

⁹ Diagnostico Energético del Sistema de Iluminación.

Salones:

Para los salones se observan valores de iluminancia media elevados, ya que el nivel máximo de iluminancia recomendable es de 500 lux, la tarea a realizar requiere necesidad visual normal, los factores de uniformidad para los salones del piso 1, piso 3 y piso 4 son inferiores a 0.8 lo cual indica que el tipo de alumbrado es localizado, mientras que para los salones del piso 2 el factor de uniformidad es mayor a 0.8 lo cual indica alumbrado general, ver Tabla 18.

Tabla 18. Nivel de iluminación salones.

				Nivel de Iluminancia Recomendado [Lux]		500	
Salones Piso 1		Salones Piso 2		Salones Piso 3		Salones Piso 4	
Iluminancia [Lux]	Iluminancia Media (Em)	Iluminancia [Lux]	Iluminancia Media (Em)	Iluminancia [Lux]	Iluminancia Media (Em)	Iluminancia [Lux]	Iluminancia Media (Em)
558,7	658,6	770	841,7	568	692,2	489,8	637,0
712		882		712		701,4	
856,3		772		846		832	
890,3		929		990		890	
720,5		1040		817		819	
592		784		592		492,1	
391		718		491		482	
465		787		470		470	
741,4		893		744		556,7	
Fact. Uniformidad		0,71		Fact. Uniformidad		0,85	

Niveles de Iluminancia recomendados para trabajo en interiores Tomado de diagnóstico energético del sistema de iluminación de la UPME.

Administrativos:

En la oficina de postgrado se observa que en las zonas en donde se registró medición presenta niveles de iluminancia diferentes, lo cual se recomienda ajustar estos niveles a un valor recomendado de 750 Lux, se observa también que en dos de las tres zonas asignadas para la medición presentan valores de factor de uniformidad mayor o iguales a 0,5, indicando alumbrado localizado, la zona

faltante obtuvo un factor de uniformidad de 0,26, eso quiere decir que los cubículos de oficinas se colocaron diferentes según el diseño inicial, ver tabla 19.

Tabla 19. Nivel de iluminación oficina postgrados.

Oficina Postgrado					Nivel de Iluminancia Recomendado [Lux]	500
Iluminancia [Lux]	Iluminancia Media (Em)	Iluminancia [Lux]	Iluminancia Media (Em)	Iluminancia [lux]	Iluminancia Media (Em)	
534	814	664	732	607	497,1	
214		473		440		
834		704		584		
351		370		317		
1668		435		247		
903		1925		730		
905		380		764		
1256		630		353		
661		1007		432		
Fact. Uniformidad		0,26		Fact. Uniformidad		0,52

Niveles de Iluminancia recomendados para trabajo en interiores Tomado de diagnóstico energético del sistema de iluminación de la UPME.

Zonas Comunes:

En la sala de centro de estudio se observa que la iluminancia media de 548 lux, elevada para la actividad a realizar en esa zona, se recomienda ajustarla a un nivel de iluminancia de 500 lux, el factor de uniformidad que se obtuvo es de 0,86 valor que indica tipo de alumbrado general, ver Tabla 20.

Tabla 20. Nivel de iluminación centro de estudio.

Nivel de Iluminancia Recomendado [Lux]		500
Centro de Estudio		
Iluminancia [Lux]	Iluminancia Media (Em)	
544	548,8	
453		
491		
720		
472		
620		
609		
525		
505		
Fact. Uniformidad		

Niveles de Iluminancia recomendados para trabajo en interiores Tomado de diagnóstico energético del sistema de iluminación de la UPME.

En la zona de circulación, pasillos se recomienda un nivel de iluminancia de 100 lux ya que la actividad que se realiza no es continua con necesidad visual sencilla, ver Tablas 21 y 22.

Tabla 21. Nivel de iluminación en pasillos.

				Nivel de Iluminancia Recomendado [Lux]		100	
Pasillo Piso 1		Pasillo Piso 2		Pasillo Piso 3		Pasillo Piso 4	
Iluminancia [Lux]	Iluminancia Media (Em)	Iluminancia [Lux]	Iluminancia Media (Em)	Iluminancia [Lux]	Iluminancia Media (Em)	Iluminancia [Lux]	Iluminancia Media (Em)
210	214,6	183	161,6	223	282,2	214,6	233,8
186,7		162		160		170	
183,5		148,5		340		324,5	
149,2		137,5		194,8		220,5	
162,1		152,8		173,7		252,8	
209		152,4		710		150,3	
189		171,9		245,7		199	
289		166,3		234,5		250,5	
353		179,7		257,8		322,2	
Fact. Uniformidad		0,70		Fact. Uniformidad		0,85	

Tabla 22. Nivel de iluminación en pasillos áreas profesores.

		Nivel de Iluminancia Recomendado [Lux]		100	
Áreas de Profesores I		Área Profesores II			
Iluminancia [Lux]	Iluminancia Media (Em)	Iluminancia [Lux]	Iluminancia Media (Em)	Iluminancia [Lux]	Iluminancia Media (Em)
183	164,6	223	249,4		
162		160			
192		340			
107,4		194,8			
149,7		173,7			
152,4		710			
171,9		106,9			
183		184			
179,7		152,3			
Fact. Uniformidad		0,65		Fact. Uniformidad	0,43

Sala de Computo:

En la sala de cómputo se observa que el nivel de iluminación media es elevado para la actividad a realizar en esa zona, se recomienda ajustarla a un nivel de iluminancia de 500 lux, se observa también que en dos de las tres zonas asignadas para la medición presentan valores de factor de uniformidad mayor a 0.5, indicando alumbrado localizado, la zona faltante obtuvo un factor de uniformidad de 0.48, eso quiere decir, que la disposición de las mesas han sido modificadas, ver Tabla 23.

Tabla 23. Nivel de Iluminación Sala de Cómputo.

		Nivel de Iluminancia Recomendado [Lux]		500				
Sala de Computo								
Iluminancia [Lux]	Iluminancia Media (Em)	Iluminancia [lux]	Iluminancia Media (Em)	Iluminancia [Lux]	Iluminancia Media (Em)			
545	878,6	252	529,8	806	707,4			
688		465		922				
445		500		546				
673		564		697				
528		562		903				
555		625		789				
933		744		621				
1550		653		580				
1990		403		503				
Fact. Uniformidad		0,51		Fact. Uniformidad		0,48	Fact. Uniformidad	0,71

Consumo de Energía en cada Área:

En la Tabla 25, se muestra el consumo de energía en cada área donde el consumo de iluminación es considerable, mostrando la cantidad de lámparas instaladas y tiempo de operación. Se observa que el mayor consumo de energía se presenta en los salones en un 49,6%

Tabla 24. Consumo de energía en cada área.

Área	Cantidad de Lámparas	Tipo	Potencia [kW]	Horas/Día	kWh Mensual
Salones	375	Sylvania FHO 54WT5 840	0,054	8	3726
Administrativos	315	Sylvania FHO 54WT5 840	0,054	7	2738,61
Áreas Comunes	36	Sylvania FHO 54WT5 840	0,054	8	357,70
	95	Lámpara Doble Compacta	0,026	6	340,86
Sala de Computo	23	Sylvania FHO 54WT5 840	0,054	12	342,79
Consumo total Iluminación					7505,958

Observaciones

- Se recomienda considerar la variación o uniformidad de la iluminancia sobre cualquier área de trabajo y su entorno inmediato, donde la uniformidad no deberá ser inferior a 0,8. Con un sistema de iluminación localizado se mejora el coeficiente de uniformidad y se ahorraría energía.
- Se recomienda reducir los niveles de iluminación en las áreas comunes. Esto debido a que en los pasillos la actividad a realizar requiere simple orientación en vista de corta duración, con valores de iluminancia entre 50 a 70 [Lux], según la Tabla 21 y 22, comparando con los datos obtenidos en la medición, se observa un exceso significativo.
- Se recomienda revisar el correcto funcionamiento de sensores de presencia y temporizadores instalados en los pasillos del edificio, por que mantienen las lámparas encendidas en lugares donde no hay concurrencia de personas, y en momentos donde se puede aprovechar la luz natural.

En la Figura 25, se observa el mal funcionamiento de los sensores, en los pasillos del área de profesores ya que las luces permanecen encendidas generando un consumo innecesario de energía.

Figura 25. Pasillos áreas de Profesores.



En la Figura 26, se observa el deficiente funcionamiento del sistema de iluminación, identificada en el mal funcionamiento de sensores de presencia o temporizados.

Figura 26. Pasillo auditorio y baños.



En la Figura 27, se observa un mal uso de la iluminación en el área de sala de profesores cátedra, en el momento no había presencia de profesores dentro de la sala.

Figura 27. Oficinas Profesores Catedra.



En la Figura 28, se observa el exceso de iluminación en la cual se tiene un bombillo halógeno y dos grupos de luminarias Sylvania las cuales están cerca de una puerta donde se ve una gran incidencia de luz natural.

Figura 28. Exceso de Luminarias.



Se recomienda para el sistema de iluminación elaborar un plan de mantenimiento para poder mantener los parámetros adecuados y su eficiencia energética, este plan deberá contemplar lo siguiente:¹⁰

¹⁰ Opciones U.R.E Diagnósticos de Recorrido.

- Realizar periodos de inspección para reposición de lámparas fundidas o quemadas.
- Realizar limpieza de lámparas y luminarias, ya que la suciedad disminuye el nivel de iluminación.

7.2 ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO TERMOGRÁFICO

El análisis Termográfico es un estudio e interpretación de termografías, en la cual se observan radiación de las superficies y con ello se busca determinar las temperaturas en los conductores eléctricos, tuberías, equipos eléctricos y estimar si están trabajando a la temperatura adecuada o están sobrecargados térmicamente.

Para el análisis termográfico se utilizó el siguiente equipo: Cámara Termográfica Industrial Fluke Ti32, ver Figura 29.

Figura 29. Cámara Termográfica.



Se realizó el análisis desde la subestación del edificio hasta los tableros de distribución de cada piso.

En la Figura 29, se observa las derivaciones que alimentan los dos transformadores del edificio de Ingeniera Industrial, el cual tiene una temperatura de $88.4^{\circ}\text{F} = 31.33^{\circ}\text{C}$, la cual es una temperatura aceptable.

En la Figura 30, se observa una temperatura de $107.2^{\circ}\text{F} = 41.8^{\circ}\text{C}$. Y en la Figura 31 una temperatura de $114.1^{\circ}\text{F} = 45.6^{\circ}\text{C}$, son temperaturas normales de funcionamiento de los transformadores y sin presentar sobrecarga en sus acometidas.

Figura 30. Caja de Maniobras.

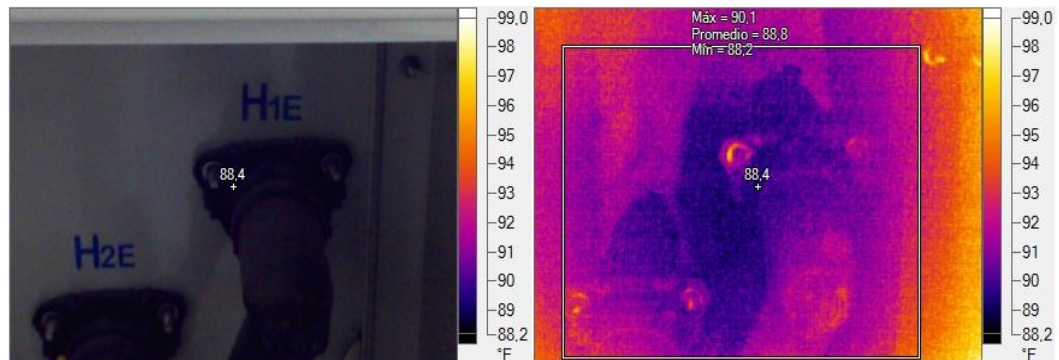


Figura 31. Transformador Trifásico de 300 kVA.

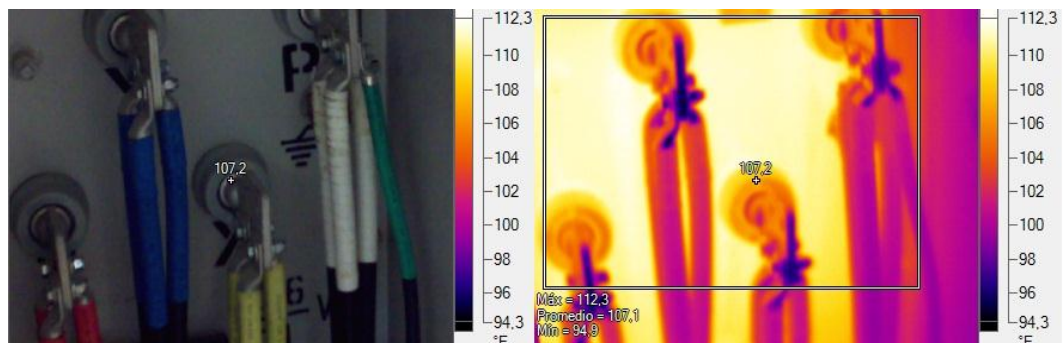


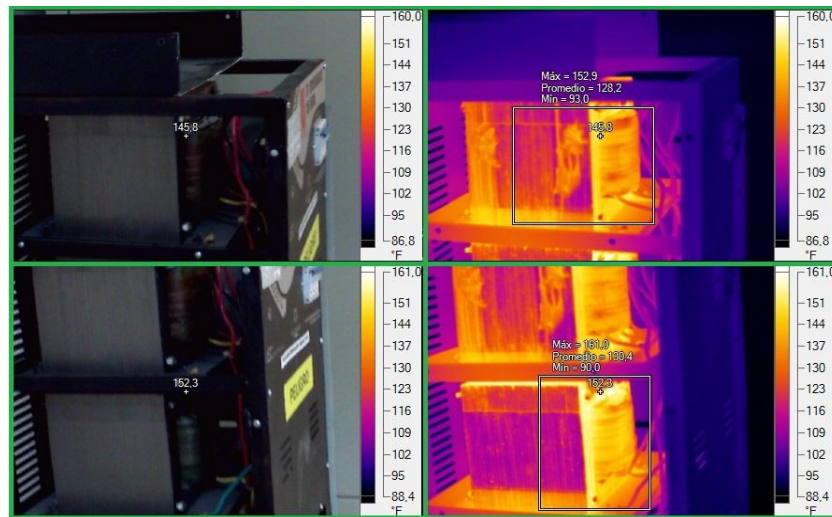
Figura 32. Transformador Trifásico de 225 kVA.



En la Figura 32, se analizó el transformador Trifásico de 115 kVA, donde se observan los dos devanados del transformador. En la parte superior la temperatura es $145.6^{\circ}\text{F} = 63.1^{\circ}\text{C}$, y en la parte inferior una temperatura de $152.3^{\circ}\text{F} = 66.83^{\circ}\text{C}$.

En la Figura 33, se observa tres circuitos ramales con una temperatura de $93.3^{\circ}\text{F} = 34.1^{\circ}\text{C}$, los cuales pertenecen a la zona de cafetería del edificio de Ingenieria Industrial.

Figura 33. Transformador Trifásico 115 kVA.



En los niveles de temperatura de los tableros de distribución no se encontraron sobrecargas térmicas en los circuitos ramales. Para el piso 2 ver Figura 34, para el piso 3 ver Figura 35 y para el piso 4 la Figura 36. En las Figura 37 y 38, la temperatura más alta que se encontró es de $97.4^{\circ}\text{F} = 36.3^{\circ}\text{C}$.

Figura 34. Tablero de Distribución Primer Piso.

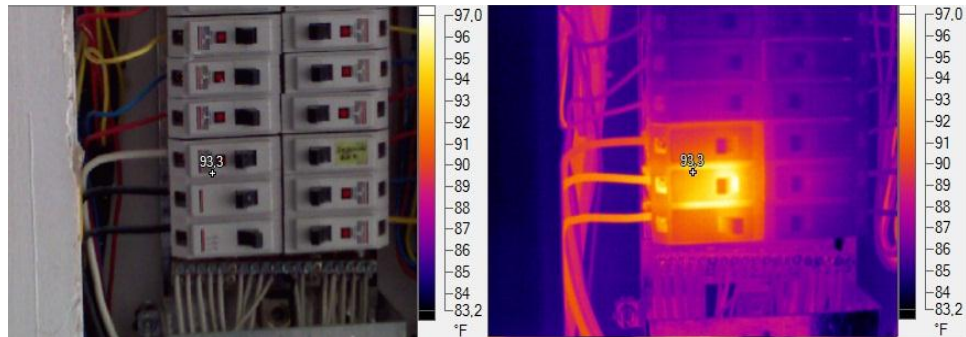


Figura 35. Tablero de Distribución Segundo Piso.

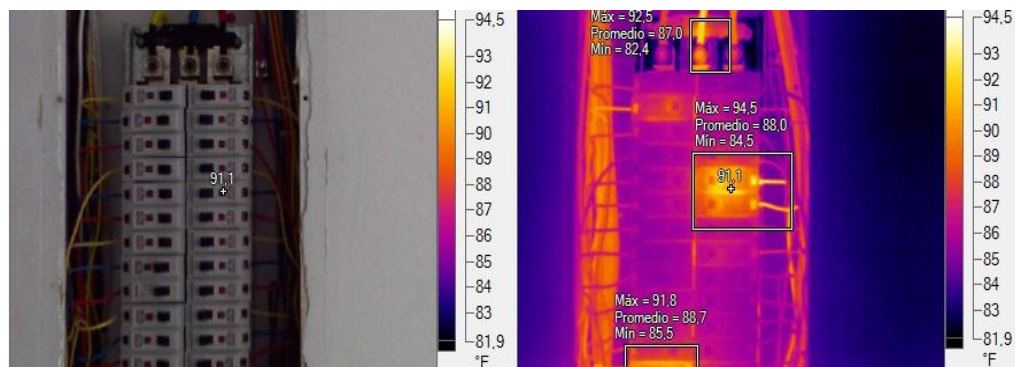


Figura 36. Tablero de Distribución Tercer Piso.

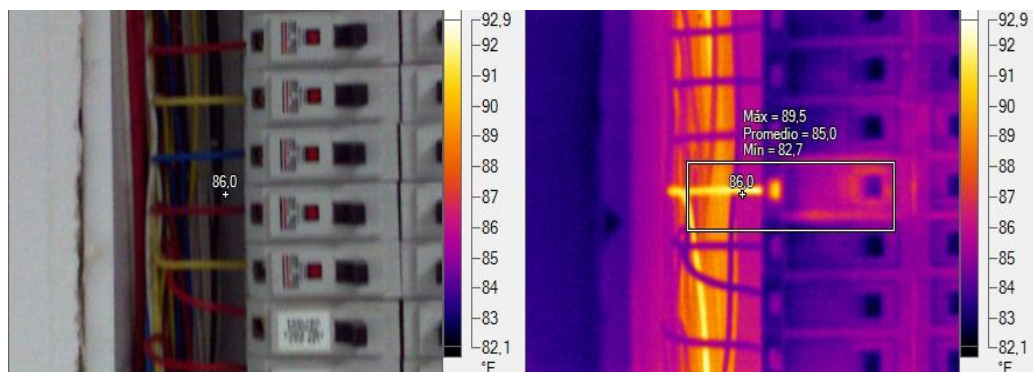


Figura 37. Tablero de Distribución Cuarto Piso.

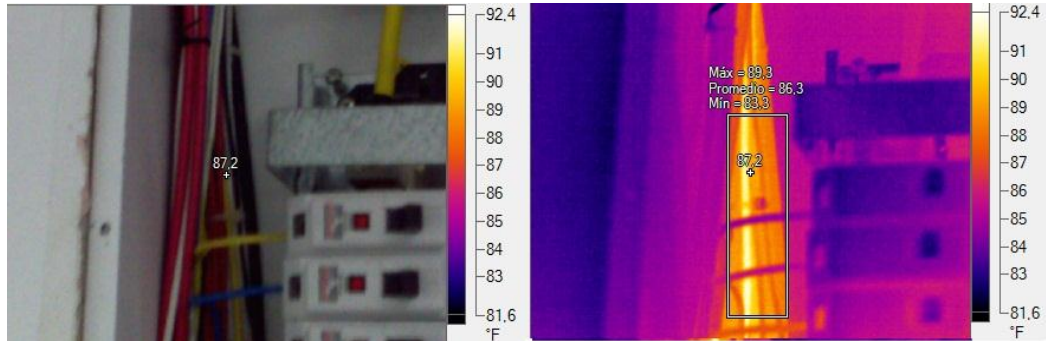


Figura 38. Alimentación de las Unidades Condensadoras de Aire.

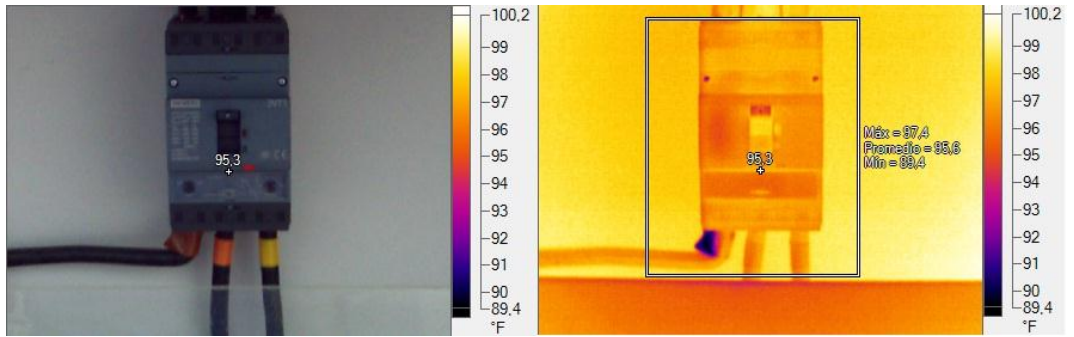
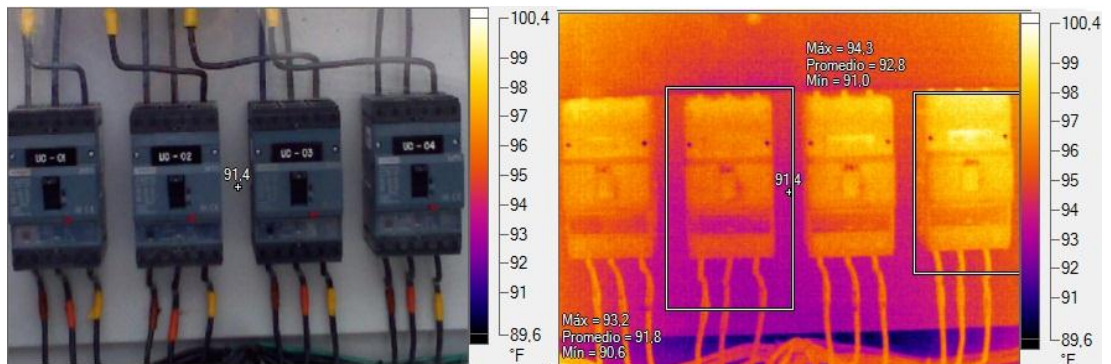


Figura 39. Derivación de las Unidades Condensadoras de Aire.



El análisis termográfico no se encontró aislamientos, conductores o equipos con sobrecarga térmica, lo cual indica óptimo funcionamiento

7.3 SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

El acondicionamiento de aire es un proceso necesario para la optimización de algunos procesos industriales y para el bienestar de las personas que se encuentran dentro de un recinto. El acondicionamiento de aire requiere del suministro de energía, alcanzando costos muy significativos. Por esta razón, es de los sistemas que más control y mantenimiento requieren.¹¹

7.3.1 Elementos claves para el uso racional de energía Existen diferentes estrategias para obtener un ahorro energético en los sistemas de acondicionamiento de aire. En el programa que se sugiere se establece elementos claves que deben verificarse, tanto en el sistema de acondicionamiento de aire propiamente dicho, los cuales son:¹²

- Asegurar una operación adecuada.
- Reducir la demanda y controlar la carga.
- Reducir las pérdidas por control de los dispositivos de distribución y del sistema.
- Ahorra y recuperar energía.

7.3.2 Diagnóstico del sistema de aire acondicionado

- Una de las mayores falencias en el uso inadecuado de los sistemas de aires acondicionados, es el funcionamiento de los equipos con las puertas abiertas en los recintos de trabajo por parte de algunos profesores y alumnos del edificio, los cuales pueden durar hasta 2 horas con las puertas abiertas mientras el aire está en funcionamiento, ver Figura 40 y Figura 41.
- En la Figura 40, se observa el uso inadecuado por parte del profesor y los estudiantes, que se encuentran en el aula de clase. El aire acondicionado está en funcionamiento pero la puerta está abierta, utilizando la cámara

¹¹ Eficiencia en Sistemas de Climatización.

¹² Eficiencia en Sistemas de Climatización

Termográfica la cual se puede observar una temperatura en el pasillo de $82.3^{\circ}\text{F} = 27.9^{\circ}\text{C}$.

Figura 40. Aula con el aire acondicionado en funcionamiento con la puerta abierta.

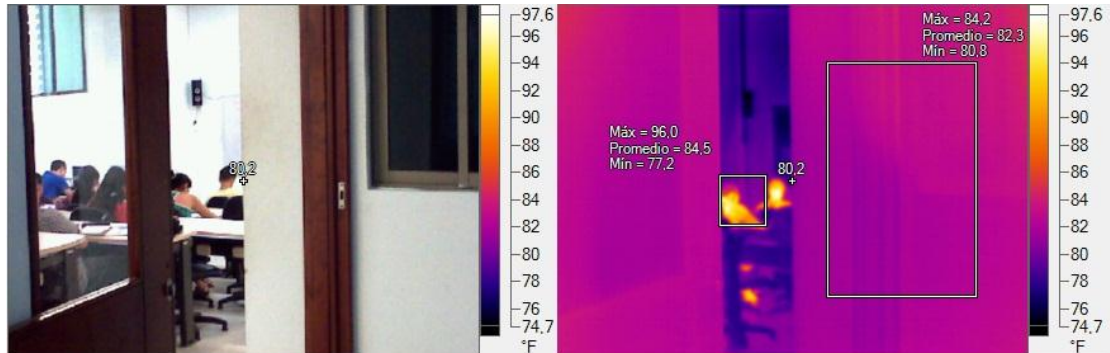


Figura 41. Centro de Estudios con el aire acondicionado en funcionamiento.



- Existe otra falencia que es el aislamiento de los recintos donde se encuentran los aires acondicionados. Estas falencias se encuentran en los salones, oficinas de posgrados, oficinas profesores catedra y profesores planta, lo cual afecta a la eficiencia de los equipos de aire acondicionado ver Figura 42 y 43. Se observa que la puerta no tiene un buen aislamiento, lo cual permite que la temperatura interior no pueda ser mantenida en los

niveles deseados. Se estimó una temperatura de $92.5^{\circ}\text{F}=33.6^{\circ}\text{C}$, dentro de la oficina, estando el equipo en funcionamiento ajustado a una temperatura 25°C a 23°C , lo cual termina afectando el funcionamiento del mismo y la toma de una cantidad excesiva de energía para mantener una temperatura deseada. También se puede identificar en la Figura 42 y 43, que la incidencia solar dentro de las oficinas alcanza una temperatura en el interior de $89.2^{\circ}\text{F}=31.7^{\circ}\text{C}$, ver Figura 44.

Figura 42. Puerta Oficina de Posgrados.

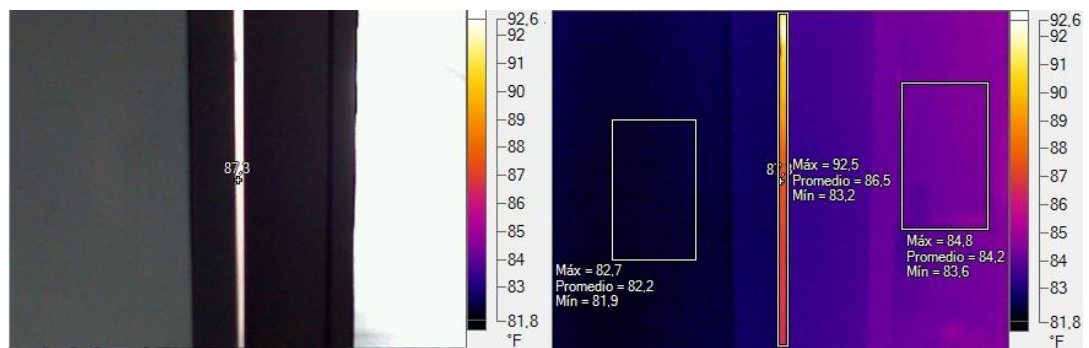


Figura 43. Puerta Oficina de Posgrados 2.

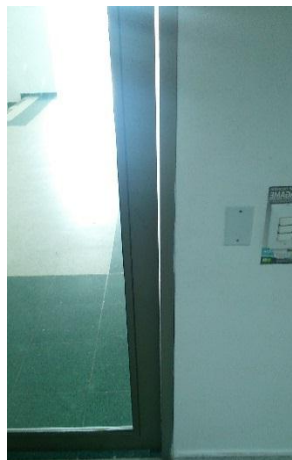
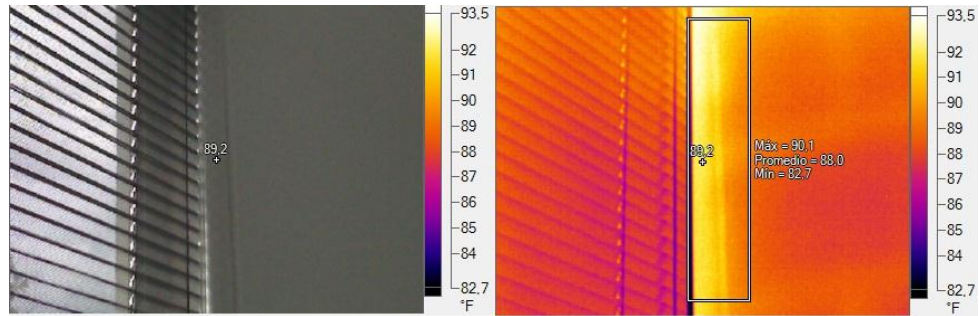


Figura 44. Ventana Oficina de Posgrados.



- Las unidades condensadoras del sistema Aire Acondicionado se encuentran ubicadas en la terraza por lo tanto tiene una “incidencia solar alta, lo cual incrementa el consumo energético del equipo en un 10%” [11], ver Figura 45, 46, 47, 48 y 49.

Figura 45. Incidencia Solar en las Unidades Condensadoras



Figura 46. Incidencia solar en la Unidad Condensadora del Auditorio.



Figura 47. Vista con cámara Termográfica de la Incidencia Solar en las Unidades Condensadoras.

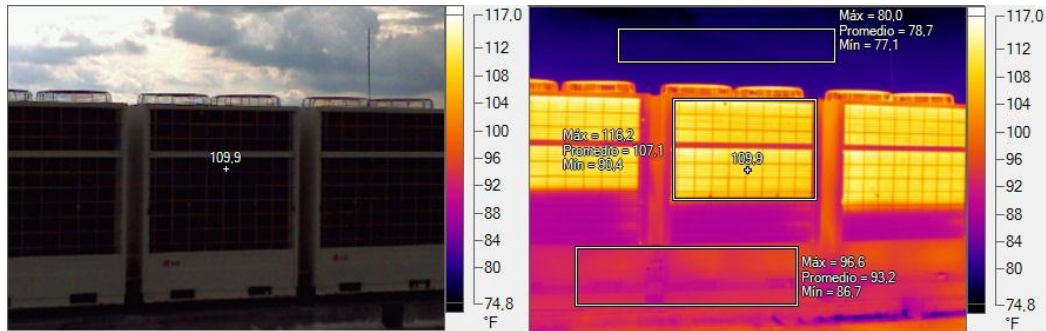


Figura 48. Vista con cámara Termográfica de la Incidencia solar en la Unidad Condensadora del Auditorio.

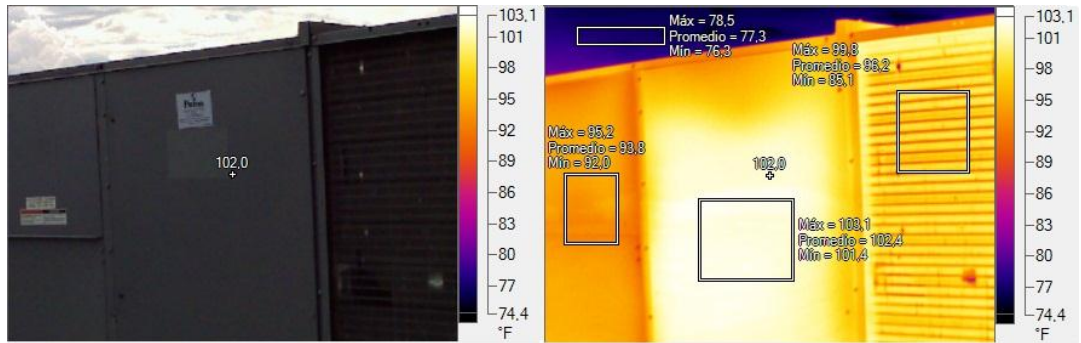
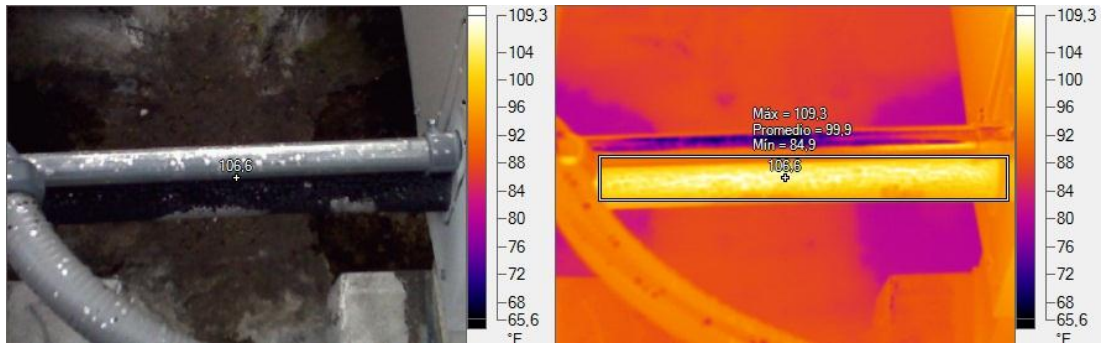


Figura 49. Vista con cámara Termográfica de la Incidencia solar en los aislamientos de la ductería de los Aires Acondicionados.



7.3.3 Recomendaciones para el buen uso del sistema de A.A

- Limitar la temperatura del aire acondicionado a 25 grados, ya que una diferencia superior a 12 grados entre la temperatura ambiente y la temperatura del recinto donde está en funcionamiento el aire acondicionado no es saludable, además poner el aire acondicionado a 25 grados es más que suficiente para sentirse cómodo, Ya que a temperaturas más bajas de los 20 grados es una frecuente causa de resfriados, molestias de garganta o dolores de cabeza. Además por cada grado que disminuya la temperatura comparada con la temperatura exterior el aparato consumirá un 8% más de energía.
- Se puede reducir el consumo de energía del aire acondicionado hasta en un 30% a través del uso de toldos, persianas o cortinas, colocando los equipos de aire acondicionado tanto unidades interiores como exteriores de tal modo que la incidencia solar sea mínima ya que eso reduciría el gasto del equipó en 10%. Asimismo, cuando el equipo esté en funcionamiento evitar abrir puertas y ventanas.
- Mantener las rejillas de ventilación y los filtros bien limpios, evitando que el polvo y la suciedad bloqueen la salida de aire, afectando el funcionamiento y consumo de energía. Es importante realizar una limpieza recomendada una vez cada dos semanas, o una vez como mínimo al mes, a fin de reducir el consumo energético. Se podría mejorar hasta 20% de su eficiencia.
- Cuando se encienda el equipo de aire acondicionado, no ajustar el termostato a una temperatura inferior a la deseada ya que no enfriará más rápido y resulta un gasto innecesario de consumo eléctrico.
- Utilizar un buen aislamiento para evitar pérdidas de energía en puertas ventanas ahorrando hasta un 10%, esto debido a que el aire que entra es

caliente y el que se va es frío, así que el equipo tendrá que hacer un esfuerzo superior y se incrementa el consumo energético.

- Apagar el equipo un intervalo de tiempo antes de salir, ya que el aire fresco permanecerá en el recinto durante 10 a 15 minutos, y el equipo no consumirá energía y abra un ahorro.
- No dejar encendido los equipos de A.A cuando no se encuentre personal ya que el consumo se dispara, al no hacer un uso eficiente.

7.4 REGULACIÓN DE TENSIÓN EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DEL EDIFICIO DE INGENIERA INDUSTRIAL

Para el análisis de regulación de tensión se tuvo en cuenta la Norma para el Cálculo y Diseño de Sistemas de Distribución (ESSA) Tabla 25, de la cual tomamos los niveles adecuados de regulación de tensión.

Tabla 25. Porcentajes de Regulación de Tensión Fuente: Norma ESSA

Descripción	%
Redes de distribución, B.T zona Urbana	5
Redes de distribución, B.T zona Rural	7
Acometida y alimentador (hasta el tablero de Distribución)	3
Circuito ramal	2
Alumbrado publico	4

Se utilizó una Pinza Amperimétrica Amprobe, ver Figura 50.

Figura 50. Pinza Amperimétrica Amprobe.



La medición de la regulación de tensión se hizo con el fin de comprobar la diferencia notoria entre los niveles de tensión de los tableros de distribución hacia la subestación del edificio. Los resultados del cálculo de la regulación se muestran a continuación, ver Tabla 26 y 27.

Tabla 26. Regulación por Fase de los tableros de distribución del Edificio.

Regulación Servicios Generales [%]			
Zona	Fases		
	A	B	C
Piso 1	3%	3%	1%
Piso 2	2%	2%	1%
Piso 3	2%	2%	1%
Piso 4	2%	3%	2%

Tabla 27. Regulación por Fase de los Tableros de Distribución de los A.A.

Regulación Sistema de Aires [%]			
Zona	Fases		
	A	B	C
TAE -SVR -01	1%	3%	2%
TAE -SVR -02	2%	3%	2%
TAE -SVR -03	2%	1%	1%
TAE -SVR -04	1%	1%	2%

Basándonos en el criterio de la norma ESSA para cargas concentradas o multiusuarios desde bornes del transformador la regulación no debe exceder el

3%, por lo tanto se observa que los porcentajes de regulación medidos en el edificio cumplen y no generan un mal funcionamiento de los equipos instalados.

7.5 CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Se puede decir que existe un problema de calidad de la energía eléctrica cuando ocurre cualquier desviación de la tensión, la corriente o la frecuencia que provoque la mala operación de los equipos de uso final. Los efectos asociados a problemas de calidad de energía son.¹³

- Incrementos en las pérdidas de energía.
- Incremento del costo, deterioro de la confiabilidad, de la disponibilidad y del confort.

Es de gran importancia el estudio de la calidad de la energía eléctrica ya que se busca conseguir un aumento en la eficiencia y la productividad del edificio de Ingeniería Industrial. A continuación se mostrará en detalle los fenómenos electromagnéticos que se presentaron al realizar la medición del comportamiento de la energía que se entrega al edificio. Como equipo de medida, se utilizó una Analizador de Redes Dranetz, ver Figura 51.

Para la medición con el analizador, se contó con la ayuda del Ingeniero Electricista Gustavo Archila, el cual trabaja en la división de planta física de la Universidad Industrial de Santander. Debido que en el edificio de Ingeniería Industrial cuenta con dos transformadores se hicieron dos mediciones, la primera medición se hizo en el transformador #1 de 300 kVA, el cual alimenta todo el sistema de aire acondicionado, el tiempo de la medición fue del 26 de Agosto del 2014 a 11 de Septiembre. Y la segunda medición se realizó en el transformador #2 de 225 kVA, el cual alimenta la parte de servicios auxiliares y el sistema de aire acondicionado

¹³ Calidad de la Energía Eléctrica.

del auditorio, el tiempo de la medición fue del 13 de Septiembre 2014 a 26 de Septiembre 2014.

Figura 51. Analizador de Redes Dranetz.



7.5.1 Demanda y energía En la Figura 52, mostrada anteriormente se observa el comportamiento de la demanda del transformador destinado al sistema de aires del edificio de Ingeniería Industrial, se alcanza un valor pico de 74,82 kWh/h, en promedio se alcanza un valor de 17.84 kWh/h.

En la Figura 53, se observa el comportamiento de la demanda del transformador destinado a los servicios auxiliares del edificio de Ingeniería Industrial, donde se alcanza un valor pico de 36.29 kWh/h y en promedio se alcanza un valor de 11,35 kWh/h.

Figura 52. Demanda y Energía (Transformador 300kVA Sistema de Aires).

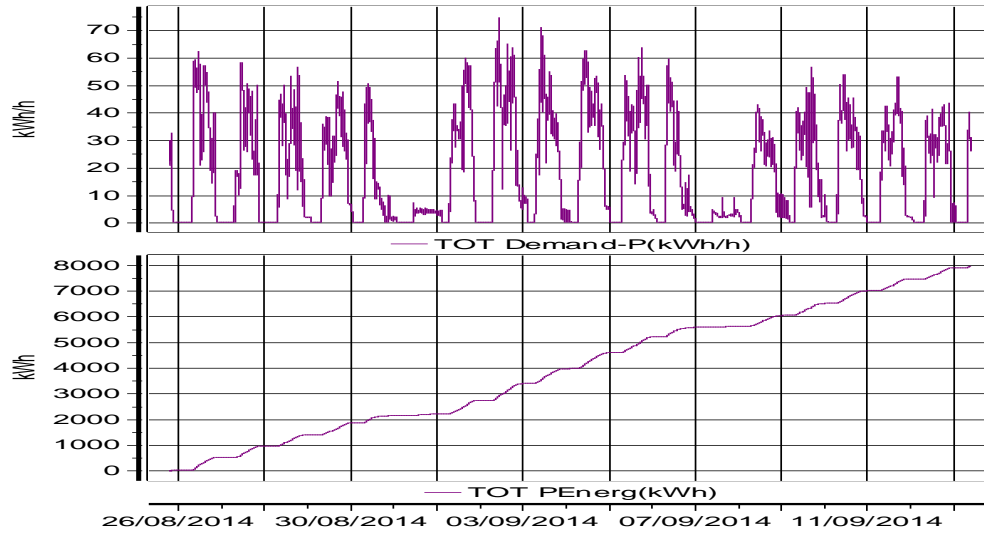


Tabla 28. Demanda Transformador 300kVA Sistema de Aires.

Demanda Potencia Activa	
Demanda	Total
Min kWh/h	0.24 (en 04/09/2014 01:00:00)
Máx kWh/h	74.82 (en 02/09/2014 10:20:00)
Mediana kWh/h	8.38
Promedio kWh/h	17.84

Figura 53. Demanda y Energía (Transformador 220kVA Servicios Auxiliares).

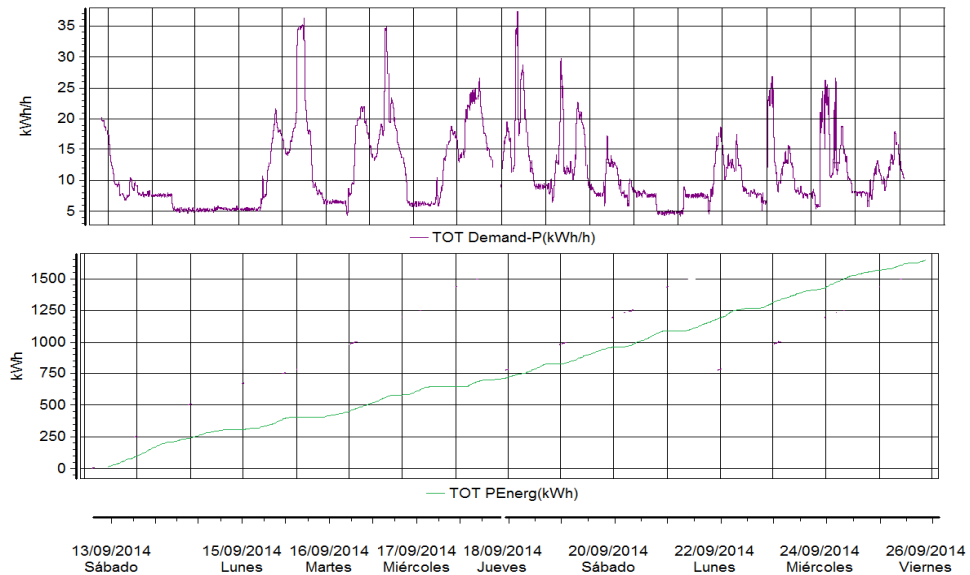


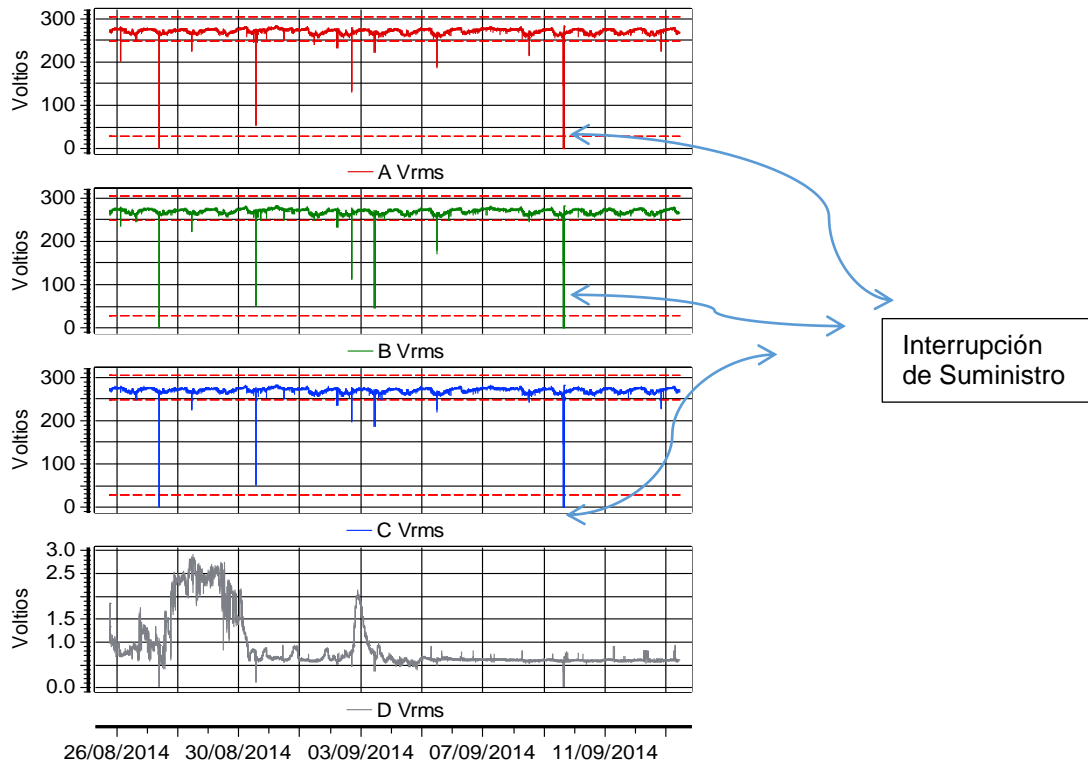
Tabla 29. Demanda Transformador 220kVA Servicios Auxiliares.

Demanda Potencia Activa			
Demanda	Total	Demanda	Total
Min kWh/h	4.35 en 16/09/2014 05:45:00	Min kWh/h	2.97 en 21/09/2014 16:40:00
Máx kWh/h	36.29 en 15/09/2014 17:55:00	Máx kWh/h	29.96 en 18/09/2014 15:10:00
Mediana kWh/h	8.05	Mediana kWh/h	7.23
Promedio kWh/h	11.35	Promedio kWh/h	8.66

En la Figura 54, se observa el perfil de tensión de las fases A, B, C y neutro de las tensiones de suministro del transformador para el sistema de aires del edificio de Ingeniería Industrial, con tensión nominal de 277 V se observa que la variación de la tensión suministrada no sobrepasa el rango permitido $\pm 10\%$, se observa también puntos en donde se presentaron interrupción en el suministro

Se observa que los valores registrados entre la tensión de neutro y tierra de la Figura 54 no sobrepasa los 3 V.

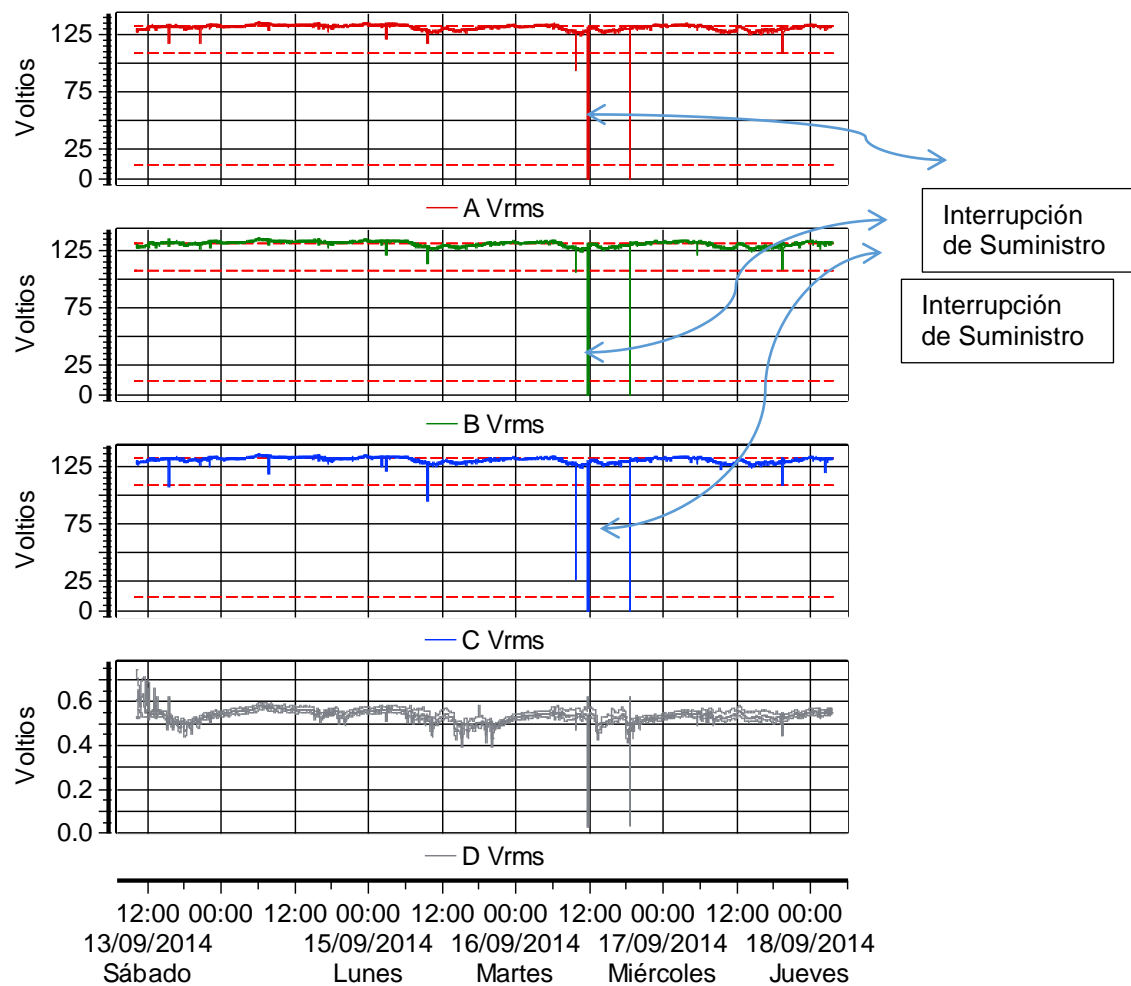
Figura 54. Diagramas de Tensión (Transformador 300kVA Sistema de Aires).



En la Figura 55, se presenta el perfil de tensión de las fases A, B, C y neutro de las tensiones de suministro del transformador para servicios auxiliares del edificio de Ingeniería Industrial, con tensión nominal de 120 V se observa que la variación de la tensión suministrada no sobrepasa el rango permitido $\pm 10\%$, se observa también puntos en donde se presentaron interrupción en el suministro.

Se observa que los valores registrados entre la tensión de neutro y tierra de la Figura 55 no sobrepasa los 0.8 V.

Figura 55. Diagramas de Tensión (Transformador 220kVA Servicios Auxiliares).

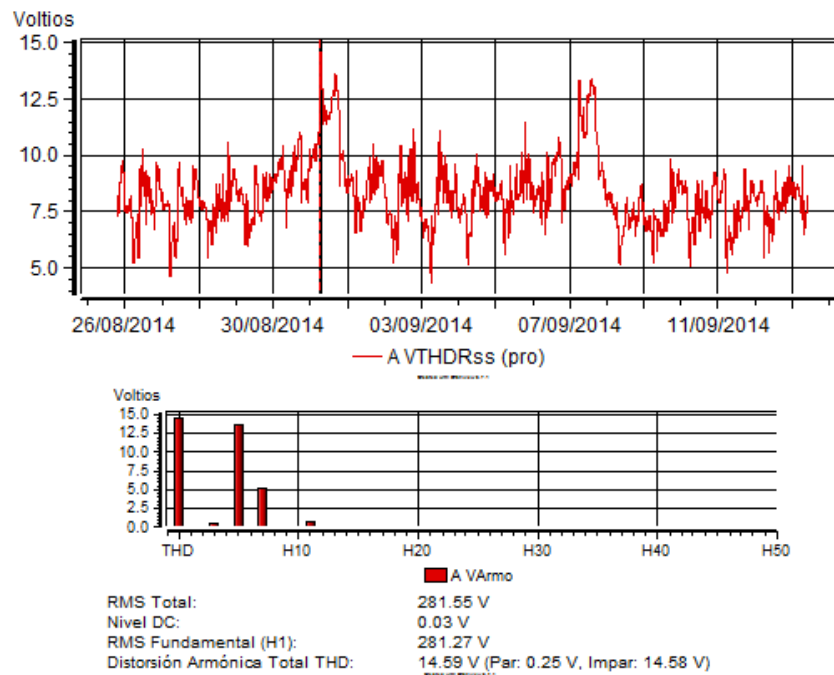


7.5.2 Armónicos Los armónicos son tensiones o corrientes sinusoidales cuya frecuencia es un múltiplo integral de la frecuencia fundamental del sistema la cual, para el caso de nuestro país es 60 Hz.¹⁴

Como una medida de distorsión, es común utilizar un criterio denominado distorsión armónica total (THD).

En las Figura 56, 57 y 58 respectivamente se muestran los diagramas de armónicos de las tensiones en las fases A, B y fase C del transformador del sistema de aires. Asimismo se muestran la medición del índice THDv.

Figura 56. Diagramas de Armónicos Fase A (Transformador 300kVA Sistema de Aires).



¹⁴ Calidad de la Energía Eléctrica.

Figura 57. Diagramas de Armónicos Fase B (Transformador 300kVA Sistema de Aires).

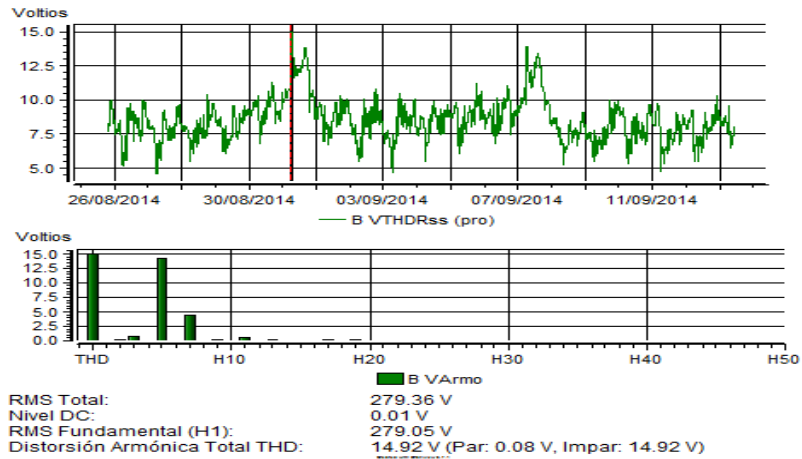


Figura 58. Diagramas de Armónicos Fase C (Transformador 300kVA Sistema de Aires).

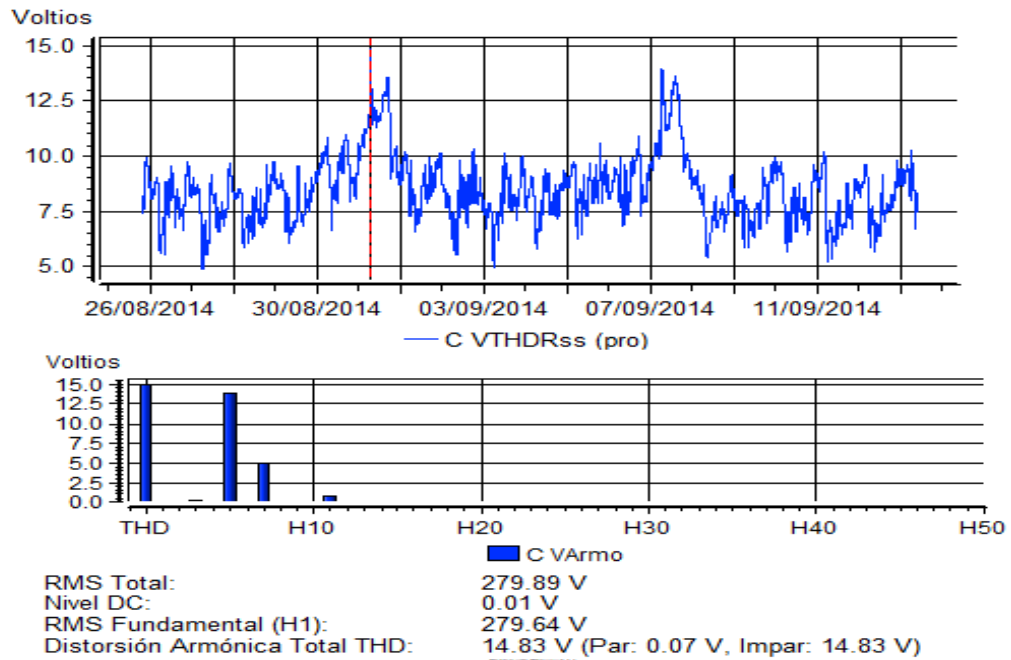


Tabla 30. Distorsión Armónica Total (Transformador 300kVA Sistema de Aires).

Distorsión Armónica Total		
Fase	THD [V]	%
Fase A	14,59	4,36%
Fase B	14,92	4,49%
Fase C	14,83	4,37%

En la Tabla 30 se muestra la Distorsión armónica por fase del transformador del sistema de aires del edificio de Ingeniería Industrial para un periodo de una semana. Basados en el Estándar IEEE 519 – 1992, donde para los niveles de tensión 1, 2 y 3 el nivel de distorsión armónica en tensión no debe exceder del 5%, se concluye que para el transformador del sistema de aires cumple con lo expresado anteriormente.

De la misma forma, a continuación se presentan

Figura 59. Diagramas de Armónicos Fase A (Transformador 220kVA Servicios Auxiliares)

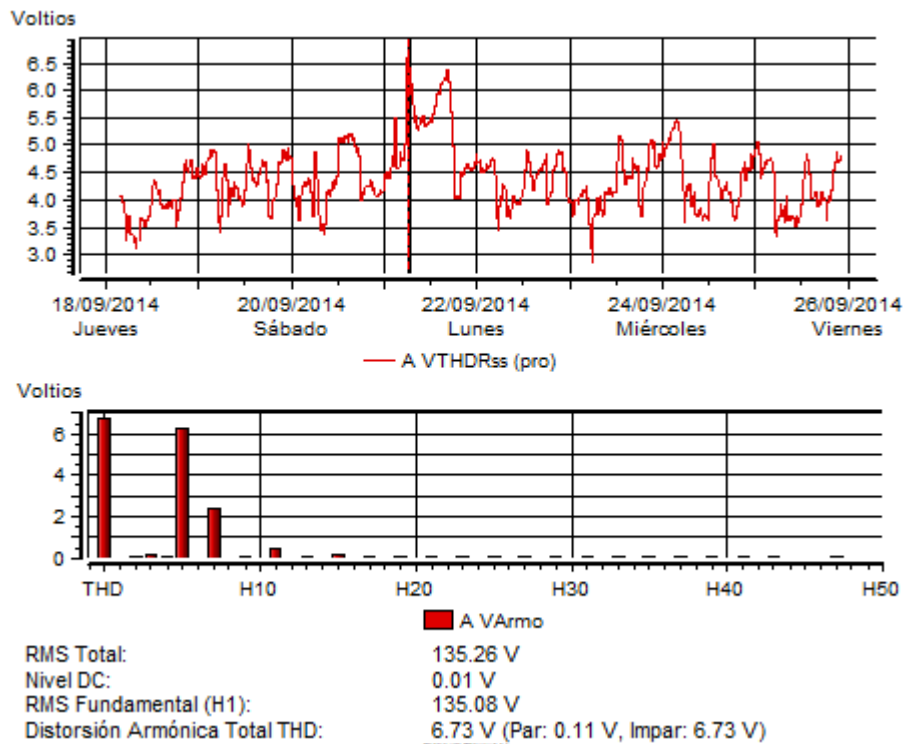


Figura 60. Diagramas de Armónicos Fase B (Transformador 220kVA Servicios Auxiliares).

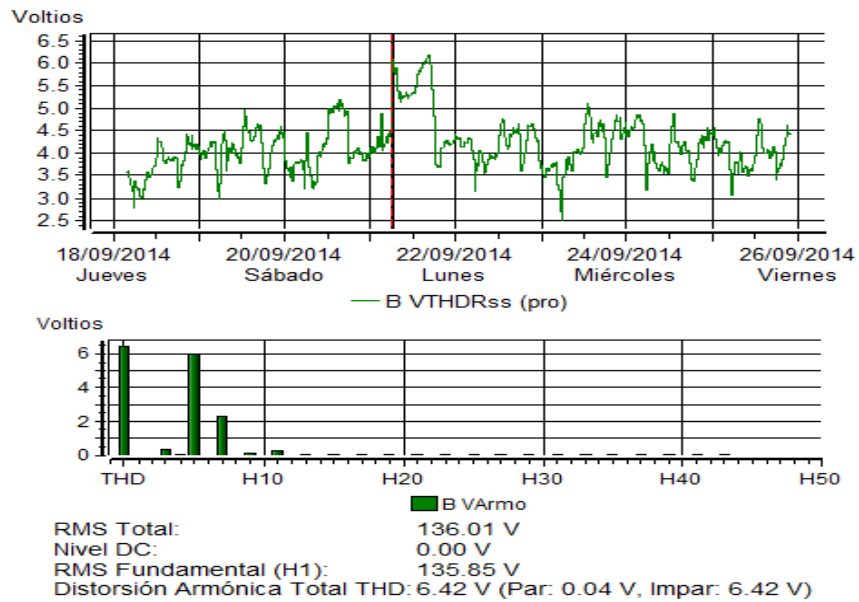
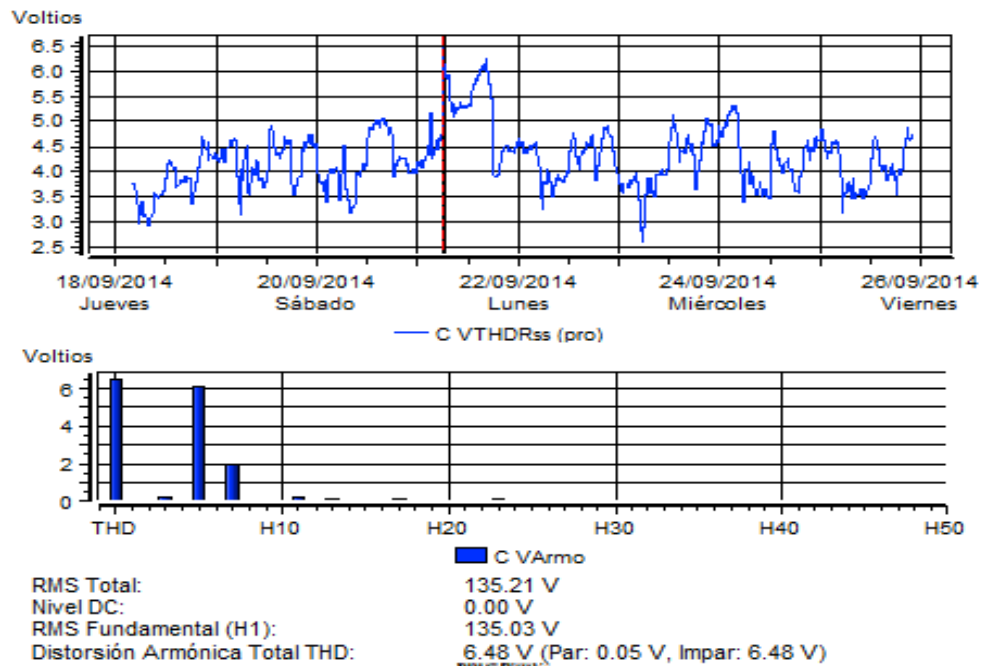


Figura 61. Diagramas de Armónicos Fase C (Transformador 220kVA Servicios Auxiliares)



En la Tabla 31 se muestra la Distorsión armónica por fase del transformador de los servicios auxiliares del edificio de Ingeniería Industrial para un periodo semanal. Basados en el Estándar IEEE 519 – 1992, donde para los niveles de tensión 1, 2 y 3 el nivel de distorsión armónica en tensión no debe exceder del 5%, se concluye que para el transformador de servicios auxiliares cumple con lo expresado anteriormente.

Tabla 31. Distorsión Armónica Total (Transformador 220kVA Servicios Auxiliares)

Distorsión Armónica Total		
Fase	THD [V]	%
Fase A	6,73	3,69%
Fase B	6,42	3,57%
Fase C	6,48	3,68%

7.5.3 Huecos de tensión. Los huecos de tensión son una reducción entre 0,1 y 0,9 p.u. en el valor R.M.S. de la tensión con una duración de 0,5 ciclo a un minuto.

Son normalmente asociadas a fallas del sistema, a la energización de grandes cargas.¹⁵

En la Tabla 32 y 33, se muestran los huecos de tensión clasificados según la magnitud y duración.

Tabla 32. Huecos de Tensión (Transformador 300kVA Sistema de Aires)

Magnitud	10-100 [mseg]	0.1-0.5 [Seg]	0.5-1 [Seg]	1-3 [Seg]	3-20 [Seg]	20-60 [Seg]	1-3 [Min]	>3 [Min]
Huecos								
0% - 10%	-	-	-	-	-	-	-	-
10% - 15%	1	-	-	-	-	-	-	-
15% - 30%	-	1	-	-	-	-	-	-
30% - 60%	-	-	-	-	-	-	-	-
60% - 99%	6	5	-	-	-	-	-	-

¹⁵ Calidad de la Energía Eléctrica.

Tabla 33. Huecos de Tensión (Transformador 220kVA Servicios Auxiliares)

Magnitud	10-100 [mseg]	0.1-0.5 [Seg]	0.5-1 [Seg]	1-3 [Seg]	3-20 [Seg]	20-60 [Seg]	1-3 [Min]	>3 [Min]
Huecos								
0% - 10%	-	1	-	-	-	-	-	-
10% - 15%	-	1	-	-	-	-	-	-
15% - 30%	-	-	-	-	-	-	-	-
30% - 60%	-	-	-	-	-	-	-	-
60% - 99%	3	1	-	-	-	-	-	-

7.5.4 Sobretensiones Una Sobretensión es el incremento de la tensión a un nivel superior al 110% del valor nominal por una duración mayor de un minuto. Las sobretensiones son usualmente el resultado de la desconexión de grandes cargas o debido a la conexión de bancos de capacitores.¹⁶

Para el transformador del sistema de aires del edificio de ingeniería Industrial no se presentaron sobretensiones en el tiempo de medición del equipo.

En la Tabla 34, se observan sobretensiones en dos casos, el primero presenta un evento entre un rango de 1 a 3 minutos y en el segundo presenta 33 eventos con tiempos superiores a 3 minutos, siendo este el de mayor consecuencia en el sistema eléctrico.

¹⁶ Calidad de la Energía Eléctrica.

Tabla 34. Sobretensiones (Transformador 220kVA Servicios Auxiliares)

Magnitud	10-100 [mseg]	0.1-0.5 [Seg]	0.5-1 [Seg]	1-3 [Seg]	3-20 [Seg]	20-60 [Seg]	1-3 [Min]	>3 [Min]
Sobretensiones								
0% - 110%	-	-	-	-	-	-	-	-
110% - 120%	-	-	-	-	-	-	1	33
120% - 140%	-	-	-	-	-	-	-	-
140% - 160%	-	-	-	-	-	-	-	-
160% - 200%	-	-	-	-	-	-	-	-
200% -	-	-	-	-	-	-	-	-

7.5.5 Interrupciones de tensión. Una interrupción ocurre cuando la tensión o la corriente de la carga disminuyen a menos de 0,1 p.u. por un período de tiempo que no excede un minuto. Las interrupciones se caracterizan por su duración ya que la magnitud de la tensión es siempre inferior al 10% de su valor nominal. Estas interrupciones generalmente son ocasionadas por fallas en el sistema o equipos averiados.¹⁷

En la Tabla 35 y 36, se muestran las características de estos eventos para cada Transformador del sistema.

Tabla 35. Interrupciones (Transformador 300kVA Sistema de Aires)

Magnitud	10-100 [mseg]	0.1-0.5 [Seg]	0.5-1 [Seg]	1-3 [Seg]	3-20 [Seg]	20-60 [Seg]	1-3 [Min]	>3 [Min]
Interrupciones								
99% - 100%	-	-	-	-	1	-	-	-

Tabla 36. Interrupciones (Transformador 220kVA Servicios Auxiliares)

Magnitud	10-100 [mseg]	0.1-0.5 [Seg]	0.5-1 [Seg]	1-3 [Seg]	3-20 [Seg]	20-60 [Seg]	1-3 [Min]	>3 [Min]
Interrupciones								
99% - 100%	-	-	-	-	2	-	-	-

¹⁷ Calidad de la Energía Eléctrica.

7.5.6 Transitorios de tensión En la Tabla 37 y 38, se muestra la cantidad de transitorios para cada uno de los transformadores del sistema eléctrico, estos se caracterizan por ser de corta duración del orden de microsegundos.

Tabla 37. Transitorios (Transformador 300kVA Sistema de Aires)

Transitorios	
Magnitud	Cuentas
0% - 110%	-
110% - 120%	-
120% - 140%	-
140% - 160%	-
160% - 200%	100
200% -	-

Tabla 38. Interrupciones (Transformador 220kVA Servicios Auxiliares)

Transitorios	
Magnitud	Cuentas
0% - 110%	-
110% - 120%	-
120% - 140%	-
140% - 160%	-
160% - 200%	137
200% -	-

8. CONCLUSIONES

- La metodología de caracterización Energética aplicada al edificio de Ingeniera Industrial, es de gran ayuda para identificar las actividades que se deben realizar encaminadas a la gestión y uso racional de la Energía Eléctrica, ya que los resultados obtenidos no fueron los más óptimos. Teniendo en cuenta que la metodología nos permite tener mayor conocimiento y las áreas en las que se debe actuar para mejorar.
- Los resultados obtenidos en la Caracterización Energética sirven de base para próximos estudios o análisis y programación de actividades que se vayan a realizar sobre cultura de ahorro Energético a todas las personas que utilizan el edificio de Ingeniera Industrial. Lo cual se puede llevar acabo con un costo muy bajo o nulo y se pueden generar ahorros significativos.
- Se detectaron falencias en cuanto a indicadores de consumo de Energía Eléctrica, por parte de la Iluminación, Sistemas de aire acondicionado, por lo tanto para mejorar se recomienda seguir las observaciones que se hicieron en cada uno de los análisis y de esta manera poder realizar un control del uso de los equipos en las áreas claves del edificio.
- Es de gran importancia vincular y comprometer en el tema del ahorro energético al personal administrativo, profesores y estudiantes que utilizan el edificio de ingeniería Industrial en cada una de las áreas que lo componen.
- En el análisis realizado se obtuvo un valor de energía no asociada a la capacidad ocupacional del edificio Total anual de 20 567,83 kWh,

representando \$ 5 505 802,413 pesos valor significativo que invita a realizar prácticas encaminadas al uso racional y eficiente de la energía.

- Al estudiar y analizar las herramientas de gestión en la caracterización, como los diagramas de Pareto, que permitió conocer áreas claves como: salones (26%), administrativos (19%), áreas comunes (18%) y sala de computo (16%) que impactan el consumo de energía eléctrica mensual, estas áreas se priorizaron al momento de proponer medidas correctivas que ayuden a reducir el consumo energético.
- Teniendo en cuenta que el método de eficiencia Energética sigue lineamientos y esfuerzos para la reducción de gases efecto invernadero, se debe cuantificar el aporte al medio ambiente por medio de su gestión energética demostrando la equivalencia de Ton de Co₂/kWh dejado de consumir. El cual tendría un ahorro anual de 20.567.83 kWh/Año lo cual disminuiría 5.586 Ton Co₂/Año.
- Los indicadores que se utilizaron fueron de gran ayuda ya que con ellos se pudo cuantificar de una forma más fácil el consumo energía en el Edificio en cuanto a su producción (Estudiantes), los indicadores fueron los siguientes: kWh que nos permite cuantificar el gasto de los kW por hora, mes o anual. Los kWh/\$ los cuales nos permiten cuantificar el costo de los kW consumidos. Los kWh/Ocupación los cuales nos permitieron cuantificar el consumo contra producción (Estudiantes). Los kg de Co₂/kWh y Ton Co₂/Año, que nos permitieron cuantificar las emisiones de Co₂ que se reducirían anualmente.

BIBLIOGRAFIA

COLOMBIA. UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGETICA y Otros. Calidad de la Energía Eléctrica. Bogotá: UPME/COLCIENCIAS/UNIVERSIDAD DEL ATLANTICO/UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL CARIBE, 2006.

-----,-----, Diagnostico Energético del Sistema de Iluminación. Bogotá: UPME, 2006.

-----,-----, Eficiencia en sistemas de Climatización. Bogotá: UPME, 2006.

-----,-----, Herramientas para el análisis de caracterización de la eficiencia energética. Bogotá: UPME, 2006

-----,-----, Opciones U.R.E Diagnósticos de Recorrido. Bogotá: UPME, 2006.

COLOMBIA. SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE. Sistema de gestión integral de la energía: Aplicación de la norma ISO-50001. Bogotá: SENA, 2011.

COLOMBIA. UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGETICA / COLCIENCIAS. Sistema de Gestión Integral de la Energía. Guía para la Implementación. Bogotá: UPME, 2008.

COLOMBIA. UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGETICA. Guía para el consumo consciente, racional y eficiente de la energía. Bogotá: UPME, 2014.

COLOMBIA. UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGETICA/ CORPOEMA. Formulación de un plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia (PDFNCE). Bogotá: UPME, 2010.

FLECHAS, Jairo. Indicadores Energéticos del sistema de gestión Integral de la energía. Bogotá: CODENSA. (2006)

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Sistema de gestión de la energía requisitos con orientación para su uso. Ginebra, Suiza: ISO 50001, 2011.