



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES**

**EVALUACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y HUELLA DE CARBONO  
DEL EDIFICIO FICAYA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**PLAN DE TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES**

**AUTOR:**

**CRISTIAN DAVID FARINANGO ESTÉVEZ**

**DIRECTOR:**

**MSc. SANTIAGO MAURICIO SALAZAR TORRES**

**IBARRA – ECUADOR**

**2020**



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES

**CERTIFICACIÓN TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Ibarra, 30 de junio del 2020

Para los fines consiguientes, una vez revisado el documento en formato digital el trabajo de titulación: **EVALUACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y HUELLA DE CARBONO DEL EDIFICIO FICAYA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**, de autoría del señor **CRISTIAN DAVID FARINANGO ESTÉVEZ** estudiante de la Carrera de **INGENIERÍA ENERGÍAS RENOVABLES** el tribunal tutor **CERTIFICAMOS** que el autor ha procedido a incorporar en su trabajo de titulación las observaciones y sugerencia realizadas por este tribunal.

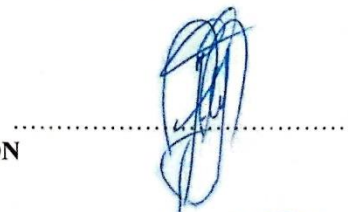
Atentamente,

**TRIBUNAL TUTOR**

MSc. SANTIAGO MAURICIO SALAZAR TORRES  
DIRECTOR TRABAJO TITULACIÓN

**FIRMA**  


PhD. JUAN CARLOS GARCÍA MONTOYA  
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN



MSc. JUAN FERNANDO GUAMÁN TABANGO  
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN



**Misión Institucional:**

Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA**  
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>		
CÉDULA:	1003170386	
NOMBRES Y APELLIDOS:	CRISTIAN DAVID FARINANGO ESTÉVEZ	
DIRECCIÓN:	AV. 17 DE JULIO 1-118 Y PANAMERICANA NORTE	
EMAIL:	cdfarinango@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO Y MÓVIL:	062 952139	0981667577

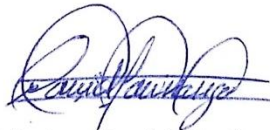
<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
TÍTULO:	EVALUACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y HUELLA DE CARBONO DEL EDIFICIO FICAYA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
AUTOR:	CRISTIAN DAVID FARINANGO ESTÉVEZ
FECHA:	06 de Julio del 2020
<b>SOLO PARA TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO   <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES
DIRECTOR:	MSc. SANTIAGO MAURICIO SALAZAR TORRES

## **2. CONSTANCIA**

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es del titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 6 días del mes de julio de 2020

**EL AUTOR**



**Cristian David Farinango Estévez**  
**C.I. 10003170386**

## **AGRADECIMIENTO**

*Al MSc. Santiago Mauricio Salazar Torres, director del trabajo de titulación, quien me ha brindado su apoyo y me ha guiado por el camino correcto para finalizar con éxito este proyecto.*

*A los asesores, PhD. Juan Carlos García y MSc. Juan Guamán, por el tiempo invertido en la revisión, sugerencias y comentarios que permitieron la correcta redacción del trabajo de titulación.*

*Cristian David Farinango Estévez*

## DEDICATORIA

### ***A Dios***

*Gracias a él puedo cumplir mis metas, porque cada día me brinda aliento, esperanza y fuerzas para seguir adelante.*

### ***A mis abuelitos***

*Herminia Velastegui y Virgilio Estévez † este logro se los dedico a ustedes porque han sido parte fundamental en mi vida y han sabido guiar mis pasos para ser mejor ser humano.*

### ***A mi padre***

*Luis Farinango, incansable luchador que ha sabido inculcar en mí el valor del respeto, trabajo y honestidad. Darme su aliento para nunca rendirme y cumplir siempre cada meta con éxito.*

### ***A mi madre***

*Teresa Estévez, con su trabajo, esfuerzo, dedicación, enseñanzas y apoyo ha logrado llegar a convertirme en profesional y un hombre de bien.*

### ***A mis hermanos***

*José Luis, Verónica y Danny, con quienes a diario compartimos vivencias, me han enseñado un sinnúmero de enseñanzas y me dan muestras constantes de cariño, las cuales han marcado mi vida.*

### ***A mi novia***

*Miriam Vaca, me ha brindado su cariño y apoyo incondicional en los buenos y malos momentos, ha logrado sacar lo mejor de mí motivándome a seguir adelante y me hace ver el futuro con ojos de esperanza.*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA .....	iii
2. CONSTANCIA.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT .....	xv
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Problema.....	4
1.2 Justificación.....	5
1.3 Pregunta directriz .....	6
1.4 Objetivos .....	6
1.4.1 Objetivo General .....	6
1.4.2 Objetivos Específicos.....	6
CAPÍTULO II .....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Eficiencia Energética.....	7
2.2 Auditoría Energética.....	8
2.2.1 Niveles de auditoría energética .....	9
2.2.2 Equipos de medición.....	10
2.3 Calidad de energía .....	11
2.3.1 Perturbaciones en los sistemas eléctricos de distribución.....	11
2.3.2 Regulación CONELEC-004/01.....	12
2.4 Huella de carbono.....	12
2.4.1 Gases de efecto invernadero.....	13
2.4.2 Metodologías para el cálculo de la huella de carbono .....	13
2.5 Mejoras en eficiencia energética .....	14

2.5.1	Medidas activas .....	14
2.5.2	Medidas pasivas .....	16
2.6	Marco legal.....	17
2.6.1	Constitución de la República del Ecuador .....	17
2.6.2	Ley Orgánica de Eficiencia Energética.....	17
2.6.3	Código Orgánico del Ambiente .....	18
2.6.4	Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 - Toda una vida.....	18
2.6.5	Normativa Técnica Ecuatoriana.....	18
CAPÍTULO III .....		20
METODOLOGÍA .....		20
3.1	Descripción del área de estudio.....	20
3.2	Métodos .....	21
3.2.1	Diagnóstico energético del edificio FICAYA.....	21
3.2.2	Cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero (huella de carbono) .....	31
3.2.3	Propuestas y recomendaciones técnicas en eficiencia energética .....	34
CAPÍTULO IV .....		36
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		36
4.1	Diagnosticar energéticamente al edificio FICAYA .....	36
4.1.1	Descripción física de la zona.....	36
4.1.2	Horario de funcionamiento .....	36
4.1.3	Planimetría de las instalaciones .....	37
4.1.4	Determinación de la matriz energética.....	38
4.1.5	Levantamiento de cargas instaladas .....	38
4.1.6	Mediciones eléctricas y registro de datos.....	50
4.2	Cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero .....	79
4.3	Propuestas y recomendaciones técnicas en eficiencia energética .....	83
4.3.1	Sustitución de las lámparas actuales por lámparas led T8 de 18 W.....	83
4.3.2	Instalación de detectores de presencia en sanitarios y zonas de paso ...	86
4.3.3	Propuestas de eficiencia energética simples .....	89
CAPÍTULO V .....		90



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	90
5.1 Conclusiones .....	90
5.2 Recomendaciones.....	91
REFERENCIAS .....	93
ANEXOS .....	99

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Límites de calidad de energía</i> .....	12
Tabla 2. <i>Metodologías para el cálculo de la huella de carbono</i> .....	14
Tabla 3. <i>Categorías del inventario</i> .....	23
Tabla 4. <i>Parámetros técnicos Delta DPM-C530A</i> .....	25
Tabla 5. <i>Parámetros técnicos MI-2792 Power Q4 Plus</i> .....	26
Tabla 6. <i>Tipo de consumidores</i> .....	27
Tabla 7. <i>Ejemplo del formato para determinar DMU</i> .....	28
Tabla 8. <i>Factor de emisión de CO<sub>2</sub> (g kWh-1) para generación de electricidad en el Ecuador durante el periodo 2001 – 2014</i> .....	33
Tabla 9. <i>Análisis de luminarias</i> .....	39
Tabla 10. <i>Análisis de equipos informáticos en watts</i> .....	41
Tabla 11. <i>Análisis de equipos de servicio en watts</i> .....	43
Tabla 12. <i>Análisis de equipos de laboratorio en watts</i> .....	45
Tabla 13. <i>Carga total instalada en el transformador</i> .....	49
Tabla 14. <i>Análisis de armónicos de tensión por línea (primera medición)</i> .....	53
Tabla 15. <i>Análisis de armónicos de tensión por línea (segunda medición)</i> .....	54
Tabla 16. <i>Análisis de armónicos de tensión por línea (tercera medición)</i> .....	54
Tabla 17. <i>Análisis de corrientes por línea (primera medición)</i> .....	57
Tabla 18. <i>Análisis de corrientes por línea (segunda medición)</i> .....	57
Tabla 19. <i>Análisis de corrientes por línea (tercera medición)</i> .....	58
Tabla 20. <i>Análisis del factor de potencia (primera medición)</i> .....	62
Tabla 21. <i>Análisis del factor de potencia (segunda medición)</i> .....	62
Tabla 22. <i>Análisis del factor de potencia (tercera medición)</i> .....	63
Tabla 23. <i>Análisis de frecuencia (primera medición)</i> .....	65
Tabla 24. <i>Análisis de frecuencia (segunda medición)</i> .....	65
Tabla 25. <i>Análisis de frecuencia (tercera medición)</i> .....	66
Tabla 26. <i>Análisis del nivel de voltaje por línea (primera medición)</i> .....	68
Tabla 27. <i>Análisis del nivel de voltaje por línea (segunda medición)</i> .....	68

Tabla 28. <i>Análisis del nivel de voltaje por línea (tercera medición)</i> .....	69
Tabla 29. <i>Análisis de parpadeo (flicker) por línea</i> .....	70
Tabla 30. <i>Análisis de caídas de tensión para cada subtablero</i> .....	71
Tabla 31. <i>Análisis de caídas de tensión para cada subtablero</i> .....	72
Tabla 32. <i>Análisis de caídas de tensión por planta</i> .....	74
Tabla 33. <i>Resumen ejecutivo de resultados de parámetros eléctricos</i> .....	79
Tabla 34. <i>Huella de carbono con el factor de emisión del MAE</i> .....	82
Tabla 35. <i>Huella de carbono con el factor de emisión de Parra, (2015)</i> .....	83
Tabla 36. <i>Huella de carbono con el factor de emisión de la IEA</i> .....	83
Tabla 37. <i>Emisiones de GEI por consumo eléctrico en universidades nacionales</i> ...	84
Tabla 38. <i>Detalle de lámparas a sustituir</i> .....	85
Tabla 39. <i>Comparación de características del sistema actual y sistema propuesto</i> ...	85
Tabla 40. <i>Evaluación del ahorro energético en la propuesta de sustitución de lámparas</i> .....	86
Tabla 41. <i>Evaluación económica en la propuesta de sustitución de lámparas</i> .....	87
Tabla 42. <i>Comparación de características del sistema actual y sistema propuesto</i> ..	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Ubicación de la FICAYA con respecto al Ecuador Continental .....	21
<i>Figura 2.</i> Modelo de ficha para el registro de equipos consumidores de energía eléctrica .....	23
<i>Figura 3.</i> Calendario académico UTN .....	32
<i>Figura 4.</i> Diagramas de implementación. a) planta baja, b) primera planta, c) segunda planta, d) tercera planta, e) cuarta planta, f) diagrama unifilar .....	37
<i>Figura 5.</i> Consumo de energía histórico del año 2017 y 2018 .....	38
<i>Figura 6.</i> Potencia nominal de equipos consumidores de energía por categoría .....	50
<i>Figura 7.</i> Curva de armónicos por línea (primera medición) .....	52
<i>Figura 8.</i> Curva de armónicos por línea (segunda medición) .....	52
<i>Figura 9.</i> Curva de armónicos por línea (tercera medición) .....	52
<i>Figura 10.</i> Curvas de corriente por línea (primera medición) .....	55
<i>Figura 11.</i> Curvas de corriente por línea (segunda medición) .....	56
<i>Figura 12.</i> Curvas de corriente por línea (tercera medición) .....	56
<i>Figura 13.</i> Curva de carga (primera medición) .....	59
<i>Figura 14.</i> Curva de carga (segunda medición) .....	59
<i>Figura 15.</i> Curva de carga (tercera medición) .....	60
<i>Figura 16.</i> Curva de factor de potencia (primera medición) .....	61
<i>Figura 17.</i> Curva de factor de potencia (segunda medición) .....	61
<i>Figura 18.</i> Curva de factor de potencia (tercera medición) .....	61
<i>Figura 19.</i> Curva de frecuencia (primera medición) .....	64
<i>Figura 20.</i> Curva de frecuencia (segunda medición) .....	64
<i>Figura 21.</i> Curva de frecuencia (tercera medición) .....	64
<i>Figura 22.</i> Curvas de voltaje (primera medición) .....	67
<i>Figura 23.</i> Curvas de voltaje (segunda medición) .....	67
<i>Figura 24.</i> Curvas de voltaje (tercera medición) .....	67
<i>Figura 25.</i> Curva de parpadeo (flicker) .....	70
<i>Figura 26.</i> Consumo de energía por periodo .....	81

<i>Figura 27.</i> Emisiones por consumo de energía eléctrica .....	82
<i>Figura 28.</i> Distribución de sensores en pasillos .....	88
<i>Figura 29.</i> Campo de visión del sensor para pasillos .....	89
<i>Figura 30.</i> Distribución de sensores en sanitarios. a) sanitarios planta cuarta, b) sanitarios planta primera y segunda .....	90
<i>Figura 31.</i> Campo de visión del sensor para sanitarios .....	90

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**  
**AMBIENTALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES**

**EVALUACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y HUELLA DE CARBONO**  
**DEL EDIFICIO FICAYA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

*Cristian David Farinango Estévez*

**RESUMEN**

La disponibilidad de energía y hacer un uso razonable de ella es actualmente uno de los principales aspectos para el desarrollo de la sociedad. En la actualidad, las universidades son consideradas pequeñas ciudades las mismas que requieren de gran cantidad de recursos energéticos para el desarrollo de sus actividades en cada una de sus edificaciones. Estas son susceptibles de ahorro energético, por ello realizar una auditoría energética es imprescindible pues, esta herramienta de diagnóstico y gestión permite mediante la aplicación de técnicas, determinar el grado de eficiencia de la energía utilizada. Por otro lado, la huella de carbono es un indicador que permite medir la cantidad de gases efecto invernadero (GEI), expresados en toneladas de CO<sub>2</sub> que se emiten a la atmosfera por el consumo de energía eléctrica. La presente investigación tiene como objetivo evaluar el consumo energético y huella de carbono mediante una auditoría energética en el edificio FICAYA de la Universidad Técnica del Norte. El estudio permitió conocer las falencias energéticas del edificio durante los periodos de vacaciones, matrículas y clases. Al analizar siete parámetros eléctricos (armónicos de tensión, corriente, voltaje, factor de potencia, frecuencia, flicker o parpadeo y caídas de tensión) se evidenció que cuatro de ellos no cumplen con los estándares de calidad establecidos por la regulación 004/01 del CONELEC. El consumo calculado de energía fue de 55,965.78 kWh/año que representan en emisiones de carbono 20.43 tCO<sub>2</sub>/año.

**Palabras clave:** Eficiencia Energética -- Auditoría Energética – Calidad de energía – Parámetros eléctricos - Huella de Carbono

# **EVALUATION OF THE ENERGY CONSUMPTION AND CARBON FOOTPRINT OF THE FICAYA BUILDING AT UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

## **ABSTRACT**

The availability of energy and making reasonable use of it is currently one of the main aspects for the development of society. Currently, universities are considered small cities, the same ones that require a large amount of energy resources for the development of their activities in each of their buildings. These are susceptible to energy saving, so carrying out an energy audit is essential, since this diagnostic and management tool allows, by applying techniques, to determine the degree of efficiency of the energy used. On the other hand, the carbon footprint is an indicator that allows us to measure the amount of greenhouse gases (GHG), expressed in tons of CO<sub>2</sub> that are emitted to the atmosphere by the consumption of electrical energy. This research aims to evaluate energy consumption and carbon footprint through an energy audit in the FICAYA building of the Universidad Técnica del Norte. The study allowed knowing the energy deficiencies of the building during vacation periods, enrollment, and classes. When analyzing seven electrical parameters (harmonics of voltage, current, voltage, power factor, frequency, flicker or flicker and voltage drops), it was evident that four of them do not meet the quality standards established by regulation 004/01 of CONELEC . The calculated energy consumption was 55,965.78 kWh/year, representing 20.43 tCO<sub>2</sub>/year in carbon emissions.

**Key words:** Energy Efficiency – Energy Audit – Energy Quality – Electrical Parameters – Carbon Footprint

## **GLOSARIO DE TERMINOLOGÍA**

- AEEE:** Asociación de Empresas de Eficiencia Energética
- AIDE:** Asociación para la Investigación y Diagnóstico de la Energía
- ARCONEL:** Agencia de Regulación y Control de Electricidad
- CE:** Consumo Eléctrico
- CEL:** Calidad de la Energía Eléctrica
- COA:** Código Orgánico del Ambiente
- CONELEC:** Consejo Nacional de Electricidad
- CRE:** Cooperativa Rural de Electrificación
- FE:** Factor de Emisión
- GAD-I:** Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra
- GEI:** Gases de Efecto Invernadero
- HC:** Huella de Carbono
- IEA:** Agencia Internacional de la Energía
- INEC:** Instituto Nacional de Estadística y Censos
- INEN:** Instituto Ecuatoriano de Normalización
- MAE:** Ministerio del Ambiente
- PLANEE:** Plan Nacional de Eficiencia Energética del Ecuador
- PRS:** Periodo de Retorno Simple
- Pst:** Índice de Severidad por Flicker de Corta Duración
- Pu:** Unidad de Perceptibilidad
- SENPLADES:** Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo
- SIN:** Sistema Nacional Interconectado
- THD<sub>v</sub>:** Armónico de Tensión
- UTN:** Universidad Técnica del Norte
- V<sub>n</sub>:** Voltaje Nominal



## **CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN**

La disponibilidad de energía y hacer un uso razonable de ella es actualmente uno de los aspectos principales para el desarrollo de la sociedad, en el horizonte más cercano se puede observar el fin de los combustibles no renovables, ya que se espera un agotamiento de las reservas probadas de petróleo para el 2050 (Gómez, 2016). Según la Cooperativa Rural de Electrificación (CRE) (2017), el consumo de energía eléctrica es un parámetro de suma importancia en el crecimiento de un país, por este motivo el manejo adecuado de la misma, la aplicación de medidas correctivas en las instalaciones eléctricas, la concienciación para el uso racional de la energía eléctrica, la aplicación de medidas de ahorro energético y la utilización de equipos de última generación son esenciales para lograr la optimización de los recursos energéticos.

Existen normativas y regulaciones nacionales, las mismas que de acuerdo con las condiciones energéticas del país o región ajustan sus políticas para un mejor desempeño energético, en Ecuador existe diferentes normativas en el área de eficiencia energética y calidad de la energía, las mismas que dictaminan regulaciones relacionadas con los mínimos estándares de calidad y procedimientos técnicos adecuados para promover el uso eficiente y sustentable de la energía en varios campos (Cela, 2015).

En la actualidad, los campus universitarios pueden considerarse como pequeñas ciudades, gracias a su gran tamaño, población y a la diversidad de actividades complejas que tienen lugar en sus edificaciones, los cuales causan serios impactos directos e indirectos en el medio ambiente (Alshuwaikhat y Abubakar, 2008). Los edificios de universidades son particularmente susceptibles de ahorrar energía y que dicho ahorro tenga un impacto colectivo y social relevante, es así como con una auditoría energética se puede conocer y comprender los flujos energéticos de una infraestructura o instalación, permitiendo que un edificio no sólo cumpla con criterios

de sostenibilidad, sino que, además, ahorre parte de la energía que consume (Saavedra, Masís y Ardila, 2010).

Precisamente el trabajo de investigación de Cela (2015), trata a cerca de una evaluación energética en un edificio universitario con el estudio: Evaluación energética en el edificio de relación con el medio externo y modelación de guía para auditoría energética en edificios universitarios. En el desarrollo de la investigación el autor identifica varios indicadores energéticos que al compararlos con las normativas nacionales e internacionales se muestra la condición del edificio, siendo los resultados satisfactorios al cumplir con las normas respectivas. En el análisis de calidad de energía se encuentra que los desbalances de corriente no necesariamente se encuentran ligados a producir alteraciones en los perfiles de voltaje evitando así efectos perjudiciales en los equipos conectados en el edificio.

La iluminación representa el mayor porcentaje del total de carga instalada, sin embargo, no prestan un buen servicio puesto que no cumplen con la normativa. Al remplazar la luminaria existente por tecnología LED se estima el ahorro de un 47.15% de disminución de consumo de energía eléctrica, representando un ahorro económico de 15358.30 USD/año y por ende un menor gasto en la planilla de servicio eléctrico. Por otro lado, las medidas en eficiencia energética recomendadas permitirían la disminución de 120.14 toneladas de CO<sub>2</sub> de esta manera evitar la contaminación ambiental y contribuir a la mejora del medio ambiente.

Cárdenas y Marcillo (2012) realizaron el trabajo de investigación: Auditoría Energética del Campus Sur de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. La auditoría energética eléctrica permite diagnosticar el estado actual del servicio eléctrico prestado a las instituciones de educación públicas o privadas, exponiendo sus falencias y las respectivas oportunidades de mejora convenientes para el bienestar de la comunidad universitaria.

En este caso, el estudio muestra que de los parámetros analizados el factor de potencia y los parpadeos (flickers) han arrojado datos fuera de los límites de las normativas. Además, el transformador que alimenta a la institución está sobredimensionado puesto que la demanda de energía alcanza apenas el 33.12% del total de capacidad. Otro punto importante en la evaluación energética son las puestas a tierra de los circuitos y los tableros puesto que la universidad continuamente amplía sus instalaciones.

Figuroa (2015), realizó la investigación: Auditoría energética de los edificios administrativo y docente de la facultad de ingeniería civil y mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, para disminuir el consumo de energía eléctrica. En este estudio el autor realizó un diagnóstico energético de las instalaciones siguiendo las normas técnicas ecuatorianas en cuanto a calidad de energía. Se evidencia la carencia de planos de instalaciones eléctricas y diagramas unifilares necesarios para la implementación de equipos eléctricos, de la misma manera existe una deficiente distribución de los circuitos de iluminación provocando un uso innecesario de luminarias y por ende un incremento del consumo de energía eléctrica que se podría evitar. De los parámetros eléctricos analizados se muestra que existe un desbalance de carga en las líneas del transformador que alimenta a las edificaciones, también se demuestra un factor de potencia promedio por debajo del valor establecido en la normativa y de la misma manera la iluminación artificial no cumple con los valores mínimos de la normativa. Por otro lado, los hábitos de consumo de la población universitaria provocan que exista un consumo innecesario de energía.

En el caso de la Universidad Técnica del Norte (UTN), Recalde y Tulcán (2015) realizaron la investigación: Auditoría energética en el campus de la Universidad Técnica del Norte, ubicado en la ciudadela El Olivo, entre la panamericana norte y la avenida 17 de Julio e implementación de un tablero didáctico para el laboratorio de la carrera de ingeniería en mantenimiento eléctrico. Los autores se encargaron de realizar un estudio técnico en eficiencia energética en el edificio central de la ciudadela universitaria, de igual manera que los estudios anteriormente mencionados se realiza

un diagnóstico y evaluación de los parámetros eléctricos; voltaje, corriente, factor de potencia, armónicos, parpadeo (flicker), nivel de iluminación entre otros. Los inconvenientes encontrados son: desbalance de cargas en el tablero de distribución principal, exceso en el nivel de caída de voltaje máximo permitido debido al calentamiento del conductor y su periodo de vida útil. La carga nominal más significativa es la iluminación y a priori la de mejor opción de ahorro energético en términos económicos.

### **1.1 Problema**

El problema de la eficiencia en el uso de la energía en edificios de toda naturaleza, pero especialmente en los antiguos, viene precisamente del hecho de que cuando se plantearon sus diseños y construcciones no se consideraba un tema prioritario de diseño la incorporación de sistemas, de estructuras, de equipos, etc., que tuvieran una función más allá de la arquitectónica, es decir, no incorporaban conceptos de ahorro energético. Una infraestructura puede convertirse en una fuente permanente de impactos ambientales si en su diseño no se contempla estas variables. Ante esta situación, se debe valorar y corregir estos errores de diseño mediante medidas atenuantes y correctivas, dada la magnitud que tendría replantear completamente una estructura ya existente. De ahí que el campo de la auditoría energética adquiriera un rol fundamental dentro de todas las actividades técnicas orientadas a mejorar el uso de la energía, todo con el fin último de conseguir un ambiente de habitabilidad y confort adecuado y sostenible.

En el caso del edificio FICAYA (Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales) de la Universidad Técnica del Norte, el problema se ajusta a un edificio planificado para una carga de personal y uso que ha superado probablemente su capacidad, siendo utilizado en el desarrollo de actividades en servicio de estudiantes, docentes y personal administrativo.

En la actualidad, se desconoce el estado del edificio en términos de cumplimiento de la normativa de calidad de energía que establece la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL), la cantidad de pérdidas de energía eléctrica y sus puntos críticos en despilfarro de electricidad. Además, la magnitud del gasto de energía y los posibles efectos dentro de la edificación producen cierto impacto ambiental que favorecen al incremento del calentamiento global, así, entre menor consumo de electricidad menor será las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) al ambiente, promoviendo y siendo congruentes con los objetivos de la facultad en mención.

## **1.2 Justificación**

La presente investigación conforme a los objetivos de la Ley Orgánica de Eficiencia Energética estipulado en el país tiene la finalidad de promover el uso eficiente, racional y sostenible de energía, de manera que es una prioridad para el desarrollo económico y energético del Ecuador, considerando a la eficiencia energética como una de las principales herramientas para conseguirlo.

Las edificaciones universitarias en general presentan similares características en la distribución física, por tanto, constan de aulas de clase, laboratorios, oficinas de profesores, auditorios y ascensores. Un modelo de uso eficiente de la energía eléctrica es importante, pues permite reducir la cantidad de energía requerida, aporta confort y proporciona todas las necesidades con un menor consumo.

El edificio FICAYA de la UTN debe ser ejemplo de consumo eficiente, con un adecuado funcionamiento de las instalaciones eléctricas, además debe cumplir las regulaciones de calidad de energía garantizando un consumo racional sin derroche de energía. Por lo tanto, el ahorro de energía es necesario y para lograr esta meta el presente trabajo tiene como propósito hacer un estudio del consumo eléctrico y su repercusión sobre el ambiente con la huella de carbono para proponer mejoras en

eficiencia energética, basado en normas internacionales, nacionales, planes y estudios que se llevan a cabo en el país.

### **1.3 Pregunta directriz**

¿Cuánta energía eléctrica y emisiones de gases de efecto invernadero se pueden ahorrar en el edificio FICAYA de la UTN?

¿El edificio FICAYA cumple con las regulaciones en el ámbito de calidad de energía?

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 Objetivo General**

Evaluar el consumo energético y huella de carbono a través de una auditoría energética en el edificio FICAYA de la Universidad Técnica del Norte

#### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Diagnosticar energéticamente al edificio FICAYA
- Cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero
- Proponer medidas y recomendaciones técnicas en eficiencia energética

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

Con el fin de evaluar el comportamiento energético de la edificación y su respectiva huella de carbono se tiene la siguiente revisión de literatura.

#### **2.1 Eficiencia Energética**

La Ley Orgánica de Eficiencia Energética (2019), define a la eficiencia energética como el conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la implementación de diversas medidas de gestión, de hábitos culturales en la comunidad e inversiones en tecnologías más eficientes, sin afectar al confort y calidad de vida de la población. Entonces, se entiende por eficiencia energética obtener la misma cantidad de bienes o servicios utilizando una menor cantidad de recursos energéticos de esta manera reduciendo la demanda energética y las emisiones de GEI (Andalucía Ecología, 2017).

El Plan Nacional de Eficiencia Energética del Ecuador (PLANEE) (2017), menciona que es necesario hacer una planificación precisa, integral, pertinente y segura, para anticiparse a situaciones energéticas futuras y aprovechar eficientemente la energía, se estableciendo como punto fundamental de la sociedad para mantener un desarrollo sostenible.

Dentro de una edificación se encuentran diferentes factores que interactúan en la eficiencia energética. Guillen, Quesada, López Orellana y Serrano (2015), aseguran que estos se enfocan particularmente en la eficiencia de electrodomésticos, equipos de climatización, iluminación y agua caliente sanitaria, además, se considera importante evaluar el comportamiento de los usuarios a fin de asegurar la reducción del consumo energético sin la afectación a la calidad de los servicios.

## **2.2 Auditoría Energética**

La auditoría energética es parte fundamental de cualquier programa de administración de energía (Escobar, Saludes y Toledo, 2003). La Asociación para la Investigación y Diagnóstico de la Energía (2003), la define como un procedimiento sistemático por el cual es posible obtener información fiable sobre el consumo energético de cualquier empresa o institución, detectar las principales afecciones al consumo de energía e identificar, evaluar y ordenar las oportunidades de ahorro de energía en función de su rentabilidad.

Una auditoría energética se centra en controlar el gasto de energía analizando el consumo energético y sus costes, para poder establecer un plan de mejoras con su valoración económica correspondiente (Saavedra, et al., 2010). Por ende, identificar los puntos críticos de baja eficiencia energética, establecer las posibles medidas correctoras y evaluar las posibilidades de ahorro de energía y la cuantificación de estas, permiten determinar la conveniencia de la oportunidad económica de ejecutarlas (Cárdenas y Marcillo, 2012).

Una auditoría energética en una edificación evalúa el nivel de voracidad energética y aporta un estudio de disminución de costes que posibilite reducir los gastos, además que se contribuye a preservar el medio ambiente (García, Cuadros y López, 2011). Se identifican las áreas en las cuales se pueden estar presentando pérdidas de energía y en donde es posible hacer mejoras (Saavedra, et al., 2010), para que la edificación cumpla las necesidades de confort de los usuarios, aplicando medidas de eficiencia que logran una gran reducción del consumo energético (García, 2012).



### **2.2.1 Niveles de auditoría energética**

Existen varios tipos o niveles de auditorías energéticas las cuales se clasifican por el alcance, la profundidad y el detalle con el cual se realizan, así Morales, González, Seefoó y Morillón (2016), Morote y Ovacen (2017):

#### **Nivel uno o básico**

Se realiza un examen visual simple en donde se distinguen y verifican los equipos que consumen energía con el fin de obtener una primera idea de las potenciales oportunidades de ahorro, las que involucran hábitos de uso o implementación de tecnologías más eficientes. En este nivel no se efectúan mediciones eléctricas, por lo tanto, los ahorros de energía son estimados y su costo económico es relativamente bajo.

#### **Nivel dos o fundamental**

Genera información sobre el consumo de energía eléctrica empleando procesos específicos de operación. Este nivel analiza cualitativa y cuantitativamente los consumidores energéticos, empleando equipos e instrumentos para la evaluación de parámetros eléctricos. Al analizar los datos es posible obtener información segura a cerca del ahorro de energía y la reducción de costos, sin embargo, su aplicación implica mayor inversión.

#### **Nivel tres**

Permite obtener información concreta y exacta de la instalación a evaluar, así como las pérdidas de energía de los equipos involucrados. Este nivel implica la participación de especialistas y el uso de instrumentación compleja. Al completar la auditoria se realiza un informe detallado con las mejoras de ahorro energético y el costo económico de su ejecución.

Los niveles de la auditoría energética antes mencionados no son rigurosos, además permiten aplicar el estudio a una sola parte o etapa del proceso o instalación, de esta manera es posible crear niveles intermedios que cubran diversos fines y alcances para un área específica (Morales et al., 2016).

### **2.2.2 Equipos de medición**

Existe varios equipos que pueden ser utilizados en la realización de una auditoría energética, por tanto, es necesario disponer del equipo apropiado para cada caso en particular, unos fundamentales y otros complementarios, pero de mucha utilidad, esto con el objetivo de ejecutar un análisis fiable y completo (Figueroa, 2015). Particularmente si la auditoría energética va dirigida al aprovechamiento del consumo eléctrico, los equipos necesarios son:

**Analizador de redes eléctricas:** Son herramientas que sirven para el estudio de los problemas de calidad de la energía en sistemas eléctricos, los principales parámetros eléctricos que mide son: armónicos (corrientes y voltajes THD), demanda de corriente, energía (activa, reactiva y aparente), factor de potencia, potencia (activa, reactiva y aparente), frecuencia de la red, corriente y voltaje (López y Esparza, 2003).

**Luxómetro:** Es un instrumento que permite medir los niveles de iluminancia (lux) sobre una determinada superficie, normalmente estos equipos son muy sencillos y ligeros, conformados por el analizador y la sonda fotosensible (Figueroa, 2015).

**Multímetro:** Es un medidor electrónico para realizar mediciones de diversas magnitudes eléctricas, esencialmente mide voltios, ohmios y amperios (Flunke Corporation, 2006).

**Cámara termográfica:** Es un dispositivo que mide la radiación calorífica que emite un cuerpo sin entrar en contacto el mismo, convirtiendo la energía radiada en información sobre temperatura (Melgosa, 2011).

## **2.3 Calidad de energía**

Calidad de la energía eléctrica (CEL) es el estándar de calidad inherentes al suministro de corriente eléctrica que permiten apreciar los criterios de confiabilidad del servicio referidos a los fenómenos electromagnéticos: voltaje o tensión, forma de onda sinusoidal y frecuencia constante; cualquier desviación de esas magnitudes de su forma ideal se considera una perturbación o pérdida de calidad (IECOR, 2016).

### **2.3.1 Perturbaciones en los sistemas eléctricos de distribución**

**Armónicos.** Son corrientes y voltajes senoidales producidos por cargas no lineales, provocando frecuencias que distorsionan la onda de 60 Hz de su forma senoidal normal (López y Esparza, 2003). Estas ondas distorsionadas son perjudiciales para la red eléctrica, pues afectan a receptores sensibles, empeoran el factor de potencia, sobrecargan los cables y transformadores, disparan las protecciones entre otros efectos (CIRCUTOR S.A., 2017). Cada armónica se expresa en términos de su orden, al incrementar de orden la frecuencia y su magnitud por lo general disminuye, de esta manera las armónicas de orden inferior tienen mayor efecto en el sistema de potencia (López y Esparza, 2003).

**Fluctuaciones o variaciones de voltaje.** El Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC) (2001), define a las fluctuaciones de voltaje como perturbaciones en las cuales el valor eficaz del voltaje de suministro cambia con respecto al valor nominal.

**Perturbación rápida de voltaje (Flicker).** Fenómeno en el cual el voltaje cambia en una amplitud moderada, el cual no excede del 10% del voltaje nominal, pudiendo repetirse varias veces por segundo, el flicker o parpadeo causa una fluctuación en la luminosidad de las lámparas a una frecuencia apreciable por el ojo humano (CONELEC, 2001).

**Factor de potencia.** El factor de potencia mide la eficiencia del consumo eléctrico a la hora de convertirlo en potencia útil como es luz, calor o movimiento mecánico, expresado en términos simples, por otro lado, en términos técnicos es el ratio de potencia activa o útil medida en kilovatios (kW) respecto a la potencia aparente total (potencia activa y reactiva) medida en kilovoltio-amperios (kVA) (CIRCUTOR, S.A., 2015).

### 2.3.2 Regulación CONELEC-004/01

La regulación establecida por el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC) (2001), tiene el propósito de implantar los niveles de calidad del servicio eléctrico de distribución. Además, para que se garantice a los consumidores un correcto suministro continuo y confiable, esta regulación dicta los estándares mínimos de calidad (tabla 1) y los procedimientos técnicos de medición a los que se deben sujetar las empresas distribuidoras del servicio eléctrico. Para este estudio de calidad la normativa establecida requiere un mínimo de 1008 mediciones durante 7 días continuos (ARCONEL, 2018).

Tabla 1  
*Límites de calidad de energía*

Perturbación	Límite
Armónico	8% THD <sub>V</sub>
Corriente	3% de desbalance
Voltaje	±8% V <sub>n</sub> en la zona urbana
Parpadeo (flicker)	Pst 1 en el 5% de tiempo de muestreo
Factor de potencia	0.92
Frecuencia	Min 59.86 Hz; Max 60.15 Hz

**Fuente:** CONELEC (2001). Regulación N° CONELEC-004/01. *Calidad del servicio eléctrico de distribución.* 5-9

### 2.4 Huella de carbono

En el ámbito normativo la “Huella de Carbono” se entiende como la totalidad de Gases de Efecto Invernadero (GEI) emitidos directa o indirectamente por una organización,

un producto o un servicio, cuya medición de su impacto ambiental se lleva a cabo mediante un inventario de emisiones de GEI siguiendo normativas internacionales reconocidas, tales como ISO 14064-1, PAS 2050 o GHG Protocol entre otras (Saravia, 2010), expresado en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente y que tiene en cuenta los seis tipos de gases considerados en el Protocolo de Kioto (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, PFC, HFC y SF<sub>6</sub>) (Ihobe S.A., 2012).

#### **2.4.1 Gases de efecto invernadero**

Los gases de efecto invernadero (GEI) por definición son los gases que hace posible el efecto invernadero al encontrarse presentes en la atmosfera, permitiendo que la temperatura terrestre sea apta para la vida, de todos los gases que se pueden encontrar la mayoría deben su origen a actividades antrópicas (Amestoy, 2010). Los principales son el vapor de agua (H<sub>2</sub>O), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), los fluorocarbonados (FCs), los hidrofluorocarbonados (HFCs), el perflucarbonados (PFCs), el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) y el ozono (O<sub>3</sub>) (Rodríguez y Mance, 2009).

#### **2.4.2 Metodologías para el cálculo de la huella de carbono**

A continuación, se expone las principales metodologías para el cálculo de la huella de carbono:

##### **Protocolo de Gases de Efecto Invernadero**

El GHG Protocol o protocolo de gases de efecto invernadero es una herramienta de cálculo desarrollada en estándares de contabilidad e información de gases de efecto invernadero (GEI) aceptados internacionalmente para empresas siendo una de las principales referencias en lo que respecta al cálculo de la huella de carbono (Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible, 2004).

## **ISO 14064**

La norma ISO 14064-1:2006 se desarrolla a partir de la metodología GHG Protocol y es una especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero”, que define los requisitos que deben cumplir los inventarios de GEIs y la comunicación de informes de emisiones (Ihobe S.A., 2012).

## **Pas 2050**

La norma PAS 2050:2008 es una especificación publicada por el Instituto Británico de Estandarización en 2008 la cual se basa en un documento de aplicación voluntaria que calcula la huella de carbono de productos analizando su ciclo de vida (Asociación Española para la Calidad, 2018).

En la tabla 2 se observa el resumen de las metodologías utilizadas para el cálculo de la huella de carbono, así como sus alcances, límites, recomendaciones, el uso internacional, entre otros.

## **2.5 Mejoras en eficiencia energética**

Se presenta diferentes propuestas que se realiza en eficiencia energética:

### **2.5.1 Medidas activas**

Una de las propuestas actuales en eficiencia energética es la adquisición de equipos con etiquetas informativas que describen su comportamiento energético cuyo objetivo es difundir a los consumidores cuál es el consumo energético y la eficiencia del producto que están comprando (Jacob, Strack, Branda y Suárez, 2012). Las etiquetas de eficiencia energética se aplican a todo equipo que requiere energía para su funcionamiento, especialmente en aquellos de mayor consumo como

electrodomésticos, lámparas, motores eléctricos, entre otros (Ley Orgánica de Eficiencia Energética, 2019).

Tabla 2  
*Metodologías para el cálculo de la huella de carbono*

	<b>ISO 14064</b>	<b>GHG Protocolo Alcance 1 y 2</b>	<b>PAS 2050</b>
Desarrollado por	Organización Internacional de Normalización	Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible	Instituto Británico de Estandarización
Uso	Inventario de emisiones, puede ser mejorado a huella de carbono	Inventario de emisiones, puede ser mejorado a huella de carbono	Huella de carbono
Recomendaciones de reducción	Si	No	Si
Recomendaciones de compensación	No	No	No
Tienen en cuenta las reducciones de GEI	Si	No	Si
Gases incluidos	Todos los GEI	6 gases incluidos en el protocolo de Kioto: CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, HFCs, PFCs, SH <sub>6</sub>	Todos los GEI
Límites	Organización	Organización	Producto
Alcance	Directas + Indirectas + Indirectas de alcance 3	Directas + Indirectas	Directas + Indirectas + Indirectas de alcance 3
Uso internacional	Si	Si	Si
Verificable por un organismo externo	Si	Si	Si

**Fuente:** Ihobe S.A., (2013). Sociedad Pública de Gestión Ambiental

## **Iluminación**

Las soluciones para el ahorro en los sistemas de iluminación es sustituir las lámparas incandescentes en su totalidad por otras de mayor rendimiento como las de tipo LED (teniendo en cuenta los criterios de consumo energético), instalar interruptores de presencia o dispositivos de regulación y control (regulan proporcionalmente y de manera automática el nivel de iluminación), (García, et al, 2011; Jacob, et al, 2012; Consuegra, Oteiza, Alonso, Cuerdo, Frutos, 2014).

## **Energías renovables**

Para autoabastecimiento energético y mayor eficiencia energética es posible instalar sistemas fotovoltaicos, eólicos (micro y macro generadores) y sistemas de refrigeración con energía solar (Consuegra, et al, 2014). Si el edificio es energéticamente eficiente se debe sustituir la energía convencional por energía renovable, pues son más rentables a medio-largo plazo y están asociadas al concepto de sostenibilidad ambiental (García, et al, 2011).

### **2.5.2 Medidas pasivas**

A continuación, se presentan diferentes medidas pasivas en eficiencia energética:

#### **Iluminación**

Incrementar el mantenimiento periódico de las lámparas y luminarias, sectorizar y temporizar el control de la iluminación, adecuar los parámetros de iluminación a cada dependencia y aprovechar la luz solar son algunas soluciones pasivas que se propone para alcanzar la eficiencia energética en edificaciones (García, et al, 2011).

#### **Gestión interna**

Promover campañas de educación y sensibilización en materia de eficiencia energética, priorizando alcanzar objetivos realistas y lograr avances a pequeña escala que motiven a los estudiantes a mejorar en el ámbito de hábitos de consumo (García, et al, 2011). Es recomendable no mantener encendidos innecesariamente los equipos electrónicos, debido a que no solo existe mayor desperdicio de energía, sino que también sufren mayor desgaste, una alternativa es adquirir regletas para controlar el apagado de los equipos de esta manera evitar el consumo en estado de espera (stand-by) que en conjunto genera un consumo importante (Jacob, et al, 2012).



## **2.6 Marco legal**

La investigación se respalda en diferentes documentos nacionales que hacen referencia a las energías renovables, la eficiencia energética y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, así:

### **2.6.1 Constitución de la República del Ecuador**

Publicada en el Registro Oficial en octubre del año 2008 (Constitución de la República del Ecuador, 2008):

**Art. 15.** El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto.

**Art. 413.** El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

**Art. 414.** El Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica.

### **2.6.2 Ley Orgánica de Eficiencia Energética**

Publicada en el Registro Oficial Suplemento N° 449 en marzo del año 2019 (Ley Orgánica de Eficiencia Energética, 2019).

**Art. 1.** Establecer el marco legal y régimen de funcionamiento del Sistema Nacional de Eficiencia Energética – SNEE, y promover el uso eficiente, racional y sostenible de

la energía en todas sus formas, a fin de incrementar la seguridad energética del país; al ser más eficiente, aumentar la productividad energética, fomentar la competitividad de la economía nacional, construir una cultura de sustentabilidad ambiental y eficiencia energética, aportar a la mitigación del cambio climático y garantizar los derechos de las personas a vivir en un ambiente sano y a tomar decisiones informadas.

### **2.6.3 Código Orgánico del Ambiente**

Publicado en el Registro Oficial Suplemento 983 en abril del año 2017 (Código Orgánico del Ambiente (COA), 2017):

**Art. 259 literal 1.** Promover patrones de producción y consumo que disminuyan y estabilicen las emisiones de gases de efecto invernadero.

**Art. 261 literal 9.** La promoción y el fomento de programas de eficiencia energética, dentro de toda la cadena, así como el establecimiento de incentivos económicos y no económicos de energías renovables convencionales y no convencionales.

### **2.6.4 Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 - Toda una vida**

Publicado mediante Resolución N° CNP-003-2017 en septiembre del año 2017 (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), 2017):

**Objetivo 3.** Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones.

### **2.6.5 Normativa Técnica Ecuatoriana**

Publicada en el Registro Oficial N° 617 en junio del año 2009 (Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), 2009):

**NTE INEN 2506.** Eficiencia Energética en Edificaciones. Requisitos. Reducción a límites sostenibles el consumo de energía y parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable.

## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

A continuación, se describe el área de estudio, la metodología y materiales que involucran a la investigación:

### **3.1 Descripción del área de estudio**

La Provincia de Imbabura se encuentra localizada al norte del país cubriendo una superficie de 4353 Km<sup>2</sup>, en las coordenadas 00° 07' y 00° 52' latitud norte; 77° 48' y 79° 12' longitud oeste. Limita al norte con la provincia del Carchi, al sur con Pichincha, al este con Sucumbíos y al oeste Esmeraldas. Imbabura posee seis cantones: Antonio Ante, Cotacachi, Otavalo, Pimampiro, Urcuquí e Ibarra siendo esta la capital de la provincia. Posee diferentes tipos de climas por su relieve irregular que oscila entre altitudes de 600 msnm hasta los 4939 msnm (Prefectura de Imbabura, 2017).

Según el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra (GAD-I) (2018), la ciudad de Ibarra capital de la provincia de Imbabura se encuentra ubicada a 115 Km al noroeste de Quito y a 125 Km al sur de la ciudad de Tulcán, a una altitud de 2225 msnm, al encontrarse en la zona ecuatorial posee un clima seco templado con una temperatura promedio de 18 °C. El Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) (2010), en el censo de población y vivienda muestra que la parroquia de Ibarra cuenta con una población de 139.721 habitantes.

La Universidad Técnica del Norte (2015), se encuentra ubicada en Ibarra, en la Av. 17 de Julio 5-21 y General José María Córdova, el campus cuenta con una extensión de 102460 m<sup>2</sup>, con modernas instalaciones, equipadas con tecnología de vanguardia, cubiertos de amplias áreas verdes que acoge a más de 9000 personas entre docentes, estudiantes y funcionarios en jornada diurna y nocturna.

La ciudadela universitaria posee múltiples edificaciones de las cuales el edificio de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales (FICAYA), fue seleccionada para el desarrollo de la investigación. En la figura 1 se observa la ubicación de la edificación con respecto al Ecuador continental, la provincia de Imbabura y el cantón Ibarra.

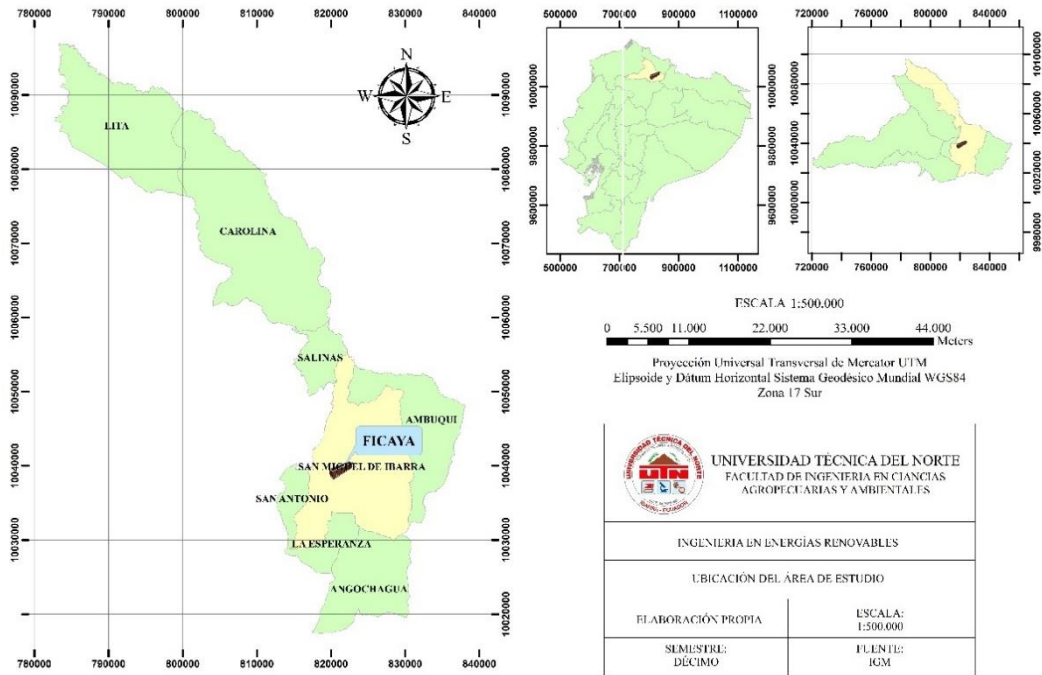


Figura 1. Ubicación de la FICAYA con respecto al Ecuador Continental

### 3.2 Métodos

En este apartado se detallará las diferentes metodologías utilizadas para el desarrollo de la investigación:

#### 3.2.1 Diagnóstico energético del edificio FICAYA

Independientemente del alcance del diagnóstico energético o auditoría, la metodología que se adoptó fue la siguiente (Asociación de Empresas de Eficiencia Energética (AEEE), 2016):

## **Recopilación de información**

Se reunió los datos generales de la institución a auditar, la descripción de la zona, el régimen de funcionamiento, la planimetría de las instalaciones como son planos de la planta, el listado de equipamiento que posee la edificación.

## **Visita *in situ* a las instalaciones**

Se estableció un modelo de ficha (figura 2) con la cual llevar a cabo el registro de los equipos inventariados. Se decidió realizar una ficha para cada una de las plantas del edificio con el propósito de facilitar la interpretación de los resultados, en estas se anotó la persona encargada de realizar el inventario, la persona encargada de revisar el registro de equipos inventariados, la fecha en la que se realizó la inspección y la planta a la cual pertenece la ficha.

Durante la visita se hizo uso de una laptop personal con el software Excel para el registro de los equipos eléctricos y luminarias haciendo uso del modelo de ficha establecido. Se fue inventariando cada equipo con su respectiva marca o modelo y potencia. Si algún equipo o luminaria se encontraba defectuoso se lo especificó en observaciones. Para la verificación de los equipos se incluye la evidencia fotográfica en los anexos.

Por otro lado, se observó las condiciones operativas concernientes a las actividades, usos, horario, ocupación y régimen de funcionamiento de las instalaciones del edificio. Con las actividades empleadas se analizó la posibilidad de aprovechamiento de luz natural y el uso de sistemas de regulación y control.

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES CARRERA DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLE AUDITORIA ENERGÉTICA</p> 					
EVALUADOR:		FECHA:		PLANTA:	
EQUIPO	FOTOGRAFÍA	CANTIDAD	TIPO/MODELO	POTENCIA	POTENCIA TOTAL
OBSERVACIONES					
REVISADO POR:					

Figura 2. Modelo de ficha para el registro de equipos eléctricos y/o electrónicos

Para simplificar la sistematización de resultados se procedió a la agrupación de los equipos que demandan energía en el edificio, así pues, se establecieron cuatro categorías (tabla 3) que sirvieron para agrupar con relación a su utilidad y funcionamiento, de esta manera se facilitó la representación gráfica de los mismos.

Tabla 3  
*Categorías del inventario*

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>
Iluminación	Luminarias internas de baja potencia
Equipos de laboratorio	Todo tipo de equipos eléctricos de los laboratorios de investigación
Equipos informáticos	UPS, proyectores, computadoras, routers, impresoras, escáner, teléfonos, racks, lector de huellas
Equipos de servicio	Detectores de humo y movimiento, cámaras, tomacorrientes, elevador, radios, parlantes, dispensadores de agua, tv, cafeteras, sanducheras, refrigeradoras, microondas

### **Mediciones eléctricas**

La medición de parámetros eléctricos consistió en registrar datos de armónicos, corrientes, factor de potencia, frecuencia, voltajes, demanda de carga entre otros. Las

actividades realizadas antes de colocar el instrumento de medición fueron visita a la acometida eléctrica, observación de las características del centro de transformación y los cuadros de baja y alta tensión. Para las dos primeras mediciones eléctricas, se hizo uso de un analizador de red (Power Meter DPM-C530A) y para la tercera medición se utilizó un analizador de red (MI-2792 Power Q4 Plus).

Se realizaron tres mediciones con el fin de analizar el comportamiento energético del edificio con referencia a un ciclo académico tipo, por tanto, las fechas de las mediciones fueron:

- 6 a 11 de marzo de 2019, periodo de vacaciones
- 18 a 26 de marzo de 2019, periodo de matrículas
- 1 al 8 de julio de 2019, periodo académico (clases)

A continuación, se detallan las principales características de los instrumentos de medición empleados:

- Medidor de potencia multifuncional Delta DPM-C530A

Este equipo proporciona una medición de los parámetros de energía eléctrica y calidad de la energía (tensión, intensidad, energía, factor de potencia, armónicos), además, es capaz de identificar fallos en los equipos que se encuentren instalados en la red o que sean analizados individualmente como el consumo excesivo de energía y los problemas de calidad de red, de esta manera es posible analizar el consumo, optimizar la gestión de la energía eléctrica y reducir los costes operativos (Delta, 2015). Las características técnicas del equipo se visualizan en la tabla 4.



Tabla 4  
*Parámetros técnicos Delta DPM-C530A*

<b>Parámetro</b>	<b>Precisión de medición</b>	<b>Rango de medición</b>
Corriente	±0.2%	0.00 – 99999.99 A
Voltaje	±0.2%	0.00~99999.99 V
Potencia	±0.5%	0.00~99999.99 kW, kVAR, kVA
Energía activa	IEC62053-22 Clase 0.5S	
Energía reactiva	±0.5%	
Factor de potencia	±0.5%	0.00~1.00
Frecuencia	±0.5%	0.00~99.99 Hz
<b>Características de entrada de medición</b>		
Método de cableado	1P2W, 1P3W,3P3W,3P4W	
Voltaje medido	L-L: 35~690V AC L-N:20~400V AC	
Corriente medida	1A/5A	
Rango de frecuencia	45~70 Hz	
Fuente de alimentación	80~265VAC (Max. Consumo de potencia 4.6W) 100~300VDC	

**Fuente:** Delta (2016). *Manual de usuario*, 70-71

- Analizador de red MI-2792 Power Q4 Plus

Este equipo es capaz de evaluar la calidad de suministro y solucionar los problemas en sistemas eléctricos de baja y media tensión, verificar el funcionamiento de equipos correctores de potencia, analizar el espectro de armónicas para seleccionar filtros de armónicas, verificar y solucionar los problemas de UPS, generadores y reguladores. Además, analiza la calidad de suministro eléctrico de acuerdo con la norma EN 50160, tiene medición de flicker y analiza los armónicos e inter armónicos hasta el orden 50 (etaelectro, s.f.). Las características técnicas del equipo se visualizan en la tabla 5.

### **Cálculo de la demanda y capacidad del transformador**

Emelnorte S.A. (2010), citado por Benalcázar y Hinojosa (2015, p. 54-60), utilizan la siguiente metodología para el cálculo de la demanda y capacidad de un transformador.

Tabla 5  
Parámetros técnicos MI-2792 Power Q4 Plus

Parámetro	Rango de medición	Resolución	Exactitud
Tensión	20~1500 Vrms L-N (20~2600 Vrms L-L)	10 mV, 100 mV	0.2%
Corriente	100~6000 A	100 mV	0.25%
Frecuencia	10.00~70.00 Hz	2 mHz	±10 mHz
Potencia (W, VA, VAR)	0.00 k~9.99 M	4 dígitos	±0.02
Factor de potencia	-1.00~1.00	0.01	±0.02
Análisis de armónicos hasta el componente 50 <sup>th</sup>	$U_{hN} < 3\% U_{nom}$	10 mV	0.15% $U_{nom}$
	$3\% U_{nom} < U_{hN} < 20\% U_{nom}$		5% $U_{hN}$
	$I_{hN} < 10\% I_N$		0.15% $I_N$
	$10\% I_N < I_{hN} < 100\% I_N$		5% $I_{hN}$
THD	$0\% U_{nom} < THD_u < 20\% U_{nom}$	0.1%	±0.3
	$0\% I_N < THD_I < 100\% I_N$		±0.6
	$100\% I_N < THD_I < 200\% I_N$		±1.5

Fuente: Etaelectro (s.f.). *Analizador de redes eléctricas portable*, 1-4

- **Establecer la clasificación del tipo de consumidor**

En la tabla 6 se observa las normas de diseño Emelnorte S.A., estas muestran los tipos de consumidores dependiendo las características del proyecto a llevar a cabo.

Tabla 6  
Tipo de consumidores

Consumidor	FS	Área lote (m2)	Sector
A	0.9	A>400	Urbano
B	0.8	200<A<400	Urbano
C	0.8	A<200	Urbano
D	0.7	Centro Poblado	Rural
E	0.7	Rural	Rural

Fuente: Benalcázar y Hinojosa (2015)

- **Establecer las demandas de diseño**

Tras haber definido el tipo de consumidor, lo siguiente es estimar la demanda de diseño ( $Dd$ ), esta se calcula a partir de la demanda máxima diversificada ( $DMD$ ) que es el número de abonados asociados a un punto de carga específico, la demanda por

alumbrado público (*AP*) y la demanda de cargas especiales (*Ce*) ver ecuación 4. Para la edificación se tiene un *DMD* de 5.4 este valor fue obtenido de la guía de diseño de Emelnorte S.A. Para determinar la capacidad del transformador al valor *DMD* es necesario multiplicar el factor de sobrecarga (*FS*) dependiendo el tipo de abonado ver ecuación 1.

$$DMD = N^{\circ} \text{ abonados tipo } A * \text{ factor de sobrecarga} \quad (\text{ecuación 1})$$

La ecuación utilizada para el cálculo de la demanda de diseño queda de la siguiente manera:

$$Dd = DMD + AP + Ce \quad (\text{ecuación 2})$$

- **Establecer la carga instalada representativa (CIR)**

Se expresa en vatios o kilovatios, es la potencia que requiere el consumidor. La ecuación siguiente fue utilizada para el cálculo de cada uno de los equipos eléctricos y/o electrónicos:

$$CIR = \frac{\text{Cantidad} * Pn * FFUn}{100} \quad (\text{ecuación 3})$$

Donde:

**Cantidad:** Número de equipos eléctricos y/o electrónicos

**Pn:** Potencia nominal de los equipos eléctricos y/o electrónicos (W o kW)

**FFUn:** Factor de frecuencia de utilización del equipo (%), bajo el criterio del proyectista.

- **Establecer la demanda máxima unitaria (DMU)**

Se expresa en vatios (W), kilovatios (kW) o kilovolt-amper (kVA) es el valor máximo de la potencia que es transferida de la red eléctrica de distribución a la instalación del consumidor, durante el periodo de requerimiento (NTE – INEN 175, 1990). En la tabla

7 se puede observar un ejemplo de cómo fue elaborado el cálculo del *DMU*. La ecuación siguiente fue utilizada para el cálculo de cada uno de los equipos eléctricos y/o electrónicos:

$$DMU(watts) = \frac{CIR * FS_n}{100} \quad (\text{ecuación 4})$$

Tabla 7

*Ejemplo del formato para determinar DMU*

Descripción	Cantidad	Pn (W)	FFUn (%)	CIR (W)	FSn (%)	DMU (W)
Computador	8	600	50	2400	80	1920

Una vez obtenido los valores de la demanda máxima unitaria de cada equipo se procedió a su sumatoria y su respectiva conversión a kVA considerando un factor de potencia (*fp*) de 0.9 obteniendo así la *DMU* en kVA ver ecuación 5.

$$DMU (kVA) = \frac{\frac{DMU(watts)}{fp}}{1000} \quad (\text{ecuación 5})$$

- **Establecer la tasa de incremento (*Ti*)**

Se expresa en porcentaje (%), este valor se refiere al incremento progresivo de la demanda máxima unitaria. Los datos de los años proyectados y el porcentaje de crecimiento se consideran bajo el criterio del proyectista. La ecuación utilizada para su cálculo es la siguiente:

$$Ti = 1 + \left(\frac{\%}{100}\right) * n \quad (\text{ecuación 6})$$

Donde:

**%:** Porcentaje de crecimiento en un año

**n:** Años proyectados (15 años)

- **Establecer la demanda máxima unitaria proyectada ( $DMUp$ )**

Se expresa en KVA, este valor considera los incrementos de la  $DMU$  durante el periodo de vida útil de la instalación originados en la intensificación progresiva en el uso de artefactos domésticos (NTE – INEN 175, 1990). La ecuación siguiente fue utilizada para el respectivo cálculo.

$$DMUp = DMU * Ti \quad \text{(ecuación 7)}$$

- **Establecer la demanda de diseño total ( $DdT$ )**

Finalmente, la expresión utilizada para establecer la demanda de diseño total o capacidad del transformador a instalarse es la siguiente:

$$DdT = DMUp + Dd \quad \text{(ecuación 8)}$$

### **Cálculo de energía de pérdidas**

A continuación, se presentan los cálculos realizados para la obtención de la energía de pérdidas.

- **Cálculo de la demanda de corriente ( $I$ )**

Para obtener la corriente de circulación de cada equipo eléctrico y/o electrónico se realizó el cociente de la demanda máxima unitaria por el voltaje promedio registrado con el analizador de red.

$$I (A) = \frac{DMU}{V_{PR}} \quad \text{(ecuación 9)}$$

- **Cálculo de la demanda máxima unitaria real ( $DMU_r$ )**

Para obtener la demanda máxima unitaria real de cada equipo eléctrico y/o electrónico se realizó la multiplicación de voltaje nominal del transformador por la corriente obtenida anteriormente.

$$DMU_r (W) = Vn * I \quad (\text{ecuación 10})$$

- **Cálculo de la demanda máxima unitaria de pérdidas ( $DMU_{pérdidas}$ )**

Para obtener la demanda máxima unitaria de pérdidas de cada equipo eléctrico y/o electrónico se realizó la diferencia de la demanda máxima unitaria con demanda máxima unitaria real.

$$DMU_{pérdidas} (W) = DMU - DMU_r \quad (\text{ecuación 11})$$

- **Cálculo de la energía máxima unitaria de pérdidas ( $EMU_p$ )**

Para obtener la energía máxima unitaria de pérdidas anual se realizó la multiplicación de la sumatoria de la demanda máxima unitaria de pérdidas de cada equipo eléctrico y/o electrónico por el tiempo 8640 horas que tiene un año.

$$EMU_p (kWh/año) = \frac{\sum DMU_{pérdidas} * 8640 \text{ h/año}}{1000} \quad (\text{ecuación 12})$$

### **Análisis y evaluación del estado de las instalaciones**

En esta fase se realizó un análisis técnico de la situación energética de la instalación para ello, se emplearon las lecturas obtenidas y el registro de equipos consumidores. Se cuantificó la potencia instalada en equipos y se evaluó la incidencia del consumo de energía en las categorías establecidas (grupo de equipos). Además, se analizaron los

diferentes parámetros eléctricos medidos con el analizador de red estableciendo si se encuentran dentro de la Regulación 004/01.

### **3.2.2 Cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero (huella de carbono)**

El alcance 2 de la metodología “Protocolo de Gases de Efecto Invernadero” es la más utilizada en el ámbito internacional para evaluar las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero por energía de instituciones. Esta permitió conocer los pasos a seguir para cuantificar las toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas por el consumo de energía eléctrica del edificio FICAYA. Se usó la información sobre el consumo de electricidad registrado por el analizador de red en las tres mediciones llevadas a cabo. Se estimó la cantidad anual del consumo eléctrico al multiplicar el consumo semanal registrado por el número de semanas de los periodos de vacaciones, matrículas y clases (ecuación 13) en base al calendario académico de la universidad.

$$C_e = C_{sr} * N^{\circ}semanas \quad (\text{ecuación 13})$$

Donde:

**$C_e$** : Consumo de electricidad en el sitio, kWh.

**$C_{sr}$** : Consumo de electricidad semanal registrado, kWh/semana

Haciendo uso del calendario académico de la UTN (figura 3) (para mayor detalle revisar el anexo 5) se definieron las semanas de estudio para el cálculo de la huella de carbono de los dos periodos académicos octubre 2018 – febrero 2019 y abril 2019 – agosto 2019. Dando como resultado 38 semanas de clases, 6 de matrículas y 8 de vacaciones.



Figura 3. Calendario académico UTN

Para el cálculo de CO<sub>2</sub> se aplicó el factor de emisión del mix de generación de Ecuador publicado por el Ministerio del Ambiente (MAE) en el año 2013, dato más actual que se tiene para el cálculo de GEI por consumo de electricidad para el país. En este documento se recomienda utilizar el factor de emisión Ex Ante que es de 506.20 gCO<sub>2</sub>/kWh, pues para la validación de este no hace falta su actualización. Es importante mencionar que el factor de emisión usado es el factor de margen combinado el cual intervienen Hidroeléctricas y Termoeléctricas, pues estas centrales de generación suministran el 97.45% de electricidad en Ecuador (ARCONEL, 2018).

Por otro lado, para efectos de comparación se utilizó también el factor de emisión calculado para la generación bruta de electricidad en Ecuador mencionada en el estudio de Parra (2015). El dato más actual que presenta el autor es de 342.60 gCO<sub>2</sub>/kWh en el año 2014 el cual se utilizó para el cálculo de la huella de carbono de la investigación. En la tabla 8 se puede observar los diferentes factores de emisión calculados por el investigador Parra, durante el periodo de los años 2001 a 2014.



Tabla 8  
*Factor de emisión de CO<sub>2</sub> (g kWh<sup>-1</sup>) para generación de electricidad en el Ecuador durante el periodo 2001 – 2014*

<b>Año</b>	<b>Factor de emisión</b>
2001	275.5
2002	272.4
2003	241.0
2004	246.0
2005	308.6
2006	340.3
2007	332.3
2008	276.9
2009	349.7
2010	397.5
2011	313.1
2012	311.8
2013	341.2
2014	342.6

**Fuente:** Parra, 2015

De la misma manera para efectos de comparación se calculó la huella de carbono con el factor de emisión publicado en la base de datos estadísticos de la Agencia Internacional de la Energía (IEA) para América. El dato más actual que posee es de 365 gCO<sub>2</sub>/kWh para el año 2016 el cual se utilizó para el cálculo de la huella de carbono de la investigación.

La ecuación 14 se utilizó para calcular las emisiones de CO<sub>2</sub> por electricidad consumida (IPCC, 2006).

$$Emisión = C_e * FE \quad \text{(ecuación 14)}$$

Donde:

**Emisión:** Emisiones por consumo de electricidad, kg CO<sub>2</sub>.

**C<sub>e</sub>:** Consumo de electricidad en el sitio, kWh.

**FE:** Factor de emisión, kg CO<sub>2</sub>/kWh.

Se compararon los resultados obtenidos del cálculo de la huella de carbono con los dos factores de emisión establecidos para el Ecuador, con ellos, se evidenció la congruencia de los datos y cuanto difieren el uno del otro. Es necesario mencionar que el valor de la huella de carbono escogida para la comparación fue obtenido en base al promedio de los resultados calculados. La ecuación 15 se utilizó para el cálculo de las emisiones por estudiante:

$$Emisión\ por\ estudiante = \frac{Emisión}{número\ de\ estudiantes} \quad (ecuación\ 15)$$

Se comparó los resultados obtenidos con estudios similares en cuanto a la generación de emisiones de CO<sub>2</sub> por efectos de energía eléctrica consumida de universidades nacionales.

### **3.2.3 Propuestas y recomendaciones técnicas en eficiencia energética**

A continuación, se presenta las propuestas planteadas para mejorar la eficiencia energética en la edificación.

#### **Propuesta en iluminación**

Se presentó un estudio con las propuestas de sustitución de las lámparas actuales por lámparas led de mayor eficiencia en la cual se detalla las lámparas que se encuentran en funcionamiento y la cantidad de ellas que requieren de un cambio. Así mismo se presenta las características de las lámparas led sugeridas y la evaluación del ahorro energético y económica asociados a cada sistema por la implementación de la medida de mejora teniendo en cuenta el consumo energético de referencia y el ahorro energético estimado en función de las características de los nuevos equipos.

### **Propuesta de instalación de detectores de presencia en sanitarios y zonas de paso**

En esta propuesta se detalló las medidas y recomendaciones generales en cuanto a control de la iluminación. Esta describió las características de los equipos de control según la aplicación a la tipología y características particulares del edificio auditado y la cantidad de estos que serían necesarios.

### **Propuestas de eficiencia energética simples**

Esta propuesta detalló puntos clave en donde se está desperdiciando energía eléctrica y las medidas que son posibles llevar a cabo con sin un coste significativo de acuerdo con la tipología y características particulares del edificio auditado. Al ser complicada la cuantificación del ahorro energético y económico se presentaron algunas propuestas que es posible desarrollarse en la edificación.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

A continuación, se describe el análisis y la discusión de los resultados obtenidos para cada objetivo del tema de investigación:

#### **4.1 Diagnosticar energéticamente al edificio FICAYA**

##### **4.1.1 Descripción física de la zona**

El edificio se distribuye en un solo bloque, cuenta con cinco plantas en las cuales se desarrollan las actividades de cinco carreras de grado: Agroindustrias, Agronegocios Avalúos y Catastros, Recursos Naturales Renovables, Biotecnología y Energías Renovables. En la planta baja se encuentra la zona administrativa además de una zona de trabajo de docentes, esta planta también posee una sala de grados, un centro de copiadora y un bar. La segunda planta cuenta con laboratorios de cómputo, cubículos para docentes, un auditorio, un aula y sanitarios. En la tercera y cuarta planta se ubican las aulas en general, cubículos de docentes y sanitarios. La quinta planta cuenta con los laboratorios de investigación de las diferentes carreras de grado.

##### **4.1.2 Horario de funcionamiento**

La FICAYA tiene un horario de funcionamiento prácticamente similar todo el año. La ocupación del edificio por el cuerpo administrativo, docente y estudiante se estructura en dos jornadas, horario matutino de 7:00 am a 13:00 pm y horario vespertino de 14:00 pm a 21:00 pm.

### 4.1.3 Planimetría de las instalaciones

Se obtuvo los planos generales de la edificación a partir de los cuales se procedió a ubicar los puntos de luz y los puntos de alimentación, pues el edificio carecía de planos eléctricos. Además, se realizó un diagrama unifilar simple de las instalaciones (figura 4), para más detalle ver anexos 6 a 11.

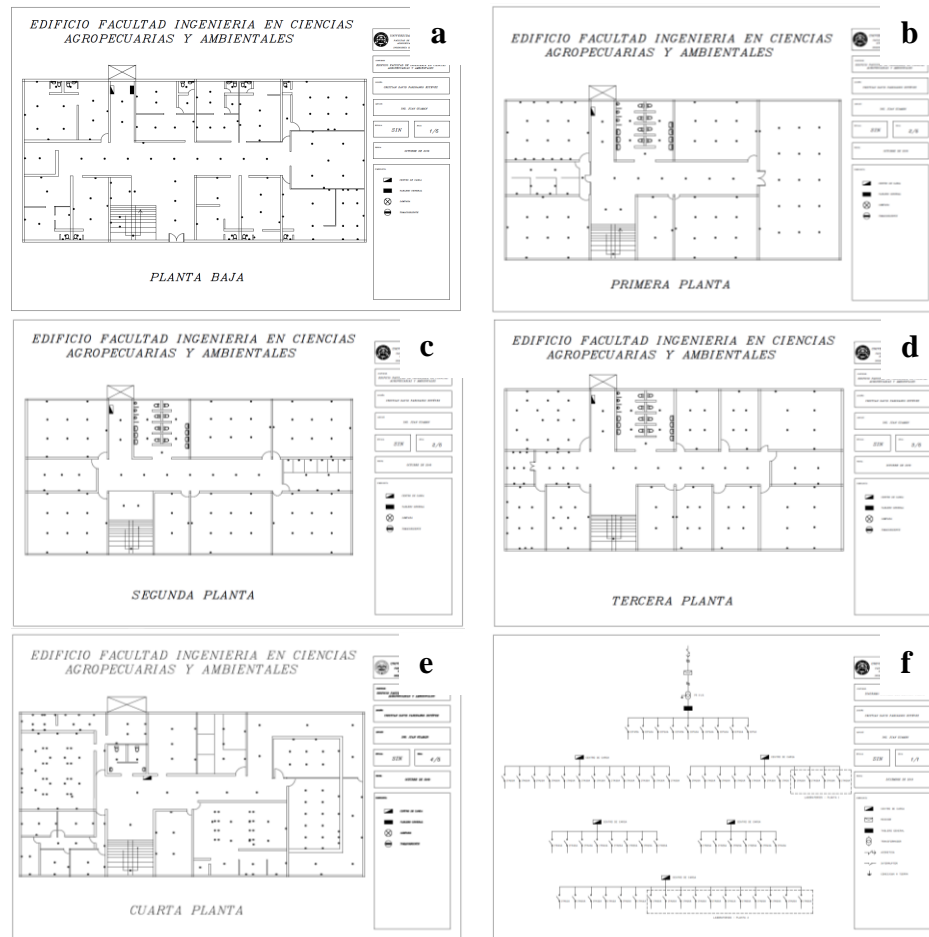


Figura 4. Diagramas de implementación. a) planta baja, b) primera planta, c) segunda planta, d) tercera planta, e) cuarta planta, f) diagrama unifilar

#### 4.1.4 Determinación de la matriz energética

El principal sistema de consumo energético del edificio FICAYA es el sistema eléctrico. Al no poseer un medidor específico para la edificación se obtuvo el consumo de energía eléctrica y los costos asociados del medidor general de la ciudadela universitaria. La planilla histórica de consumos del año 2017 y 2018 fueron facilitados por la dirección de comercialización de la empresa eléctrica Emelnorte. En la figura 5 se observa el comportamiento del consumo de energía activa y reactiva durante los años mencionados.

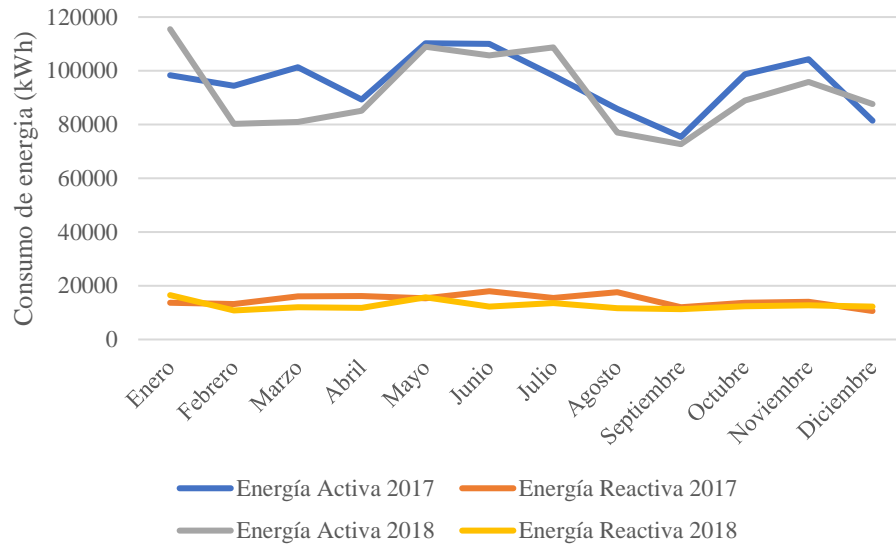


Figura 5. Consumo de energía histórico del año 2017 y 2018




#### 4.1.5 Levantamiento de cargas instaladas


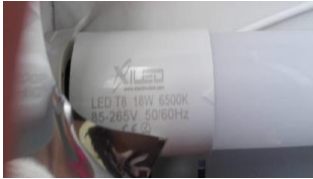
En este apartado se registran los equipos que consumen energía en cuatro grupos: iluminación, equipos informáticos, equipos de servicio y equipos de laboratorio.

## Iluminación

Tanto las oficinas de administración como las aulas de clases y laboratorios de investigación e informática, a excepción de algún cubículo de docentes, cuentan con iluminación natural, se evita la reflexión de sol por medio de cortinas, persianas o similares. En cuanto a la iluminación artificial, en las mismas dependencias incluyendo los pasillos se consigue en su mayoría mediante luminarias led, además, en menor cantidad aún se siguen utilizando focos ahorradores e incandescentes y luminarias fluorescentes. Cabe destacar que la mayoría de las luminarias no poseen difusores de esta manera no se difunde el haz de luz y las personas están expuestas a deslumbramientos (Morente, s.f.). La potencia aproximada de las diferentes luminarias asciende a 13.47 kW, la distribución de focos y lámparas de la edificación, así como sus correspondientes potencias y tipo de lámparas se observan en la tabla 9.

Tabla 9  
*Análisis de luminarias*

Tipo	Fotografía	Cantidad	Modelo	Potencia (W)
Foco incandescente		2	N/E	60
Focos ahorradores		29	Varios	595
Lámpara de emergencia		2	Lighttex	40

Tipo	Fotografía	Cantidad	Modelo	Potencia (W)
Lámpara fluorescente		26	Varios	1040
Lámpara led		523	Varios	11733
Total		576		13468

La edificación no dispone de dispositivos que apoyen a la detección de presencia en sitios clave donde se produce una presencia esporádica como por ejemplo en la zona de aseos o pasillos en horarios de clases. En muchas ocasiones la iluminación permanece encendida innecesariamente sin un responsable de su encendido y apagado. Por ello, se recomendó la instalación de células fotosensibles o equipos similares para el control de la iluminación.

### Equipos eléctricos







Para una mayor comprensión de la importancia del consumo de los equipos eléctricos dentro de la edificación se los categorizó en tres subdivisiones:






- **Equipos informáticos:**

Al tratarse de una edificación destinada al desarrollo de ciencia, tecnología e impartición de conocimiento las cinco plantas del edificio cuentan con diversos equipos informáticos, ofimáticos, audiovisuales y tecnológicos necesarios para el desarrollo de las actividades diarias de la institución. La potencia aproximada de los diferentes equipos informáticos asciende a 35.02 kW, su distribución, así como sus correspondientes potencias se puede observar en la tabla 10.



Tabla 10  
*Análisis de equipos informáticos en watts*

Equipo	Fotografía	Cantidad	Modelo	Potencia Total (W)
Computador		41	Varios	11040
Computadora		37	Varios	6440
Copiadora		1	Ricoh Aficio	1095
Escáner		2	Varios	500
Impresora		9	Varios	4220
Laptops		22	Varios	1010

Equipo	Fotografía	Cantidad	Modelo	Potencia Total (W)
Monitor		41	Varios	770
Proyector		17	Epson	8500
Punto de acceso Wifi		7	Cisco	42
Switch de comunicación 48 puertos		3	Cisco Catalyst 2960 WS-C2960-48PST-L	1380
Teléfono		9	Yealink	24,30
Total		189		35021,30

- **Equipos de servicio:**

El edificio cuenta con 26 equipos de servicio de los cuales el ascensor y las bombas de alta presión consumen mayor energía en periodos cortos de tiempo en comparación con los demás equipos de servicio. La potencia aproximada de los equipos de servicio

asciende a 41.51 kW, su distribución, así como sus correspondientes potencias se observan en la tabla 11.

Tabla 11  
Análisis de equipos de servicio en watts

Equipo	Fotografía	Cantidad	Modelo	Potencia Total (W)
Ascensor cap. 8 personas		1	Kinetex WTTY1 Series	7150
Bomba de alta presión		3	Weg W22 MOD. TE1BF0X0	7500
Cafetera		9	Varios	8150
Caja de audio activa		2	Varios	775


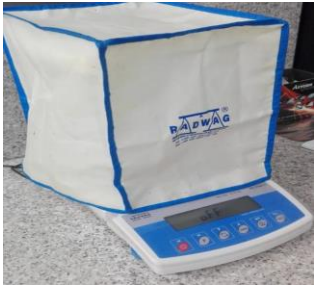
Cámara IP		1 Polestar	5
Dispensador de agua		1 Instantematic	200
Microondas		2 Varios	1400
Refrigerador		2 Varios	1150
Sensor de movimiento		2 N/E	1


Ventiladores		3	Varios	174
Total		26		41505



- **Equipos de laboratorio:**







Como se mencionó en un apartado anterior, el edificio cuenta con laboratorios específicamente destinados al desarrollo de ciencia y tecnología de diferentes carreras de grado de la facultad por ello la cuarta planta de este se dispone de equipos especiales de suma importancia que deben ser tomados en cuenta por su consumo energético. La potencia aproximada de los diferentes equipos de laboratorio asciende a 19.73 kW, su distribución, así como sus correspondientes potencias se puede observar en la tabla 12.

Tabla 12  
*Análisis de equipos de laboratorio en watts*



Equipo	Fotografía	Cantidad	Modelo	Potencia Total (W)
Agitador		1	Thermoscientific	20
Balanza analítica		1	AS 60/110 R2- Radwag	28,75

Equipo	Fotografía	Cantidad	Modelo	Potencia Total (W)
Baño de ultrasonido		1	WITT KM1500-3FLOW	120
Cámara de flujo laminar		2	Biobase/BSC-1300IIA2-X	800
Cámara de sistema rotatorio (shaker)		1	Vision BS127E	230
Cocina eléctrica		1	N/E	1800
Congeladora		1	Thermo Fisher Scientific 5656	500
Destilador de agua		1	Thermo Scientific Smart2Pure 3 UV/UF	80

Equipo	Fotografía	Cantidad	Modelo	Potencia Total (W)
Espectro fotómetro		2	Varios	95
Esterilizador circulado		1	Raypa Serie AE-Dry	3200
Estufa o secadora		1	MRC	1000
Horno incubador		1	Thermolyne-OV19225 tipo 19200	350
Incubadora		2	Varios	1800
Microcentrífuga		1	P-Selecta	80

Equipo	Fotografía	Cantidad	Modelo	Potencia Total (W)
Microondas		1	Panasonic NN-ST651W	1200
Reciprocal/orbital shaking		1	MRC WBT-200	1200
Refrigerador		8	Varios	5752
Termociclador		1	Bioer Gene Max	600
Thermo bloque		1	Thermo Scientific	60
Transiluminador		1	Witeg WUV-110	90



Equipo	Fotografía	Cantidad	Modelo	Potencia Total (W)
Ultra congelador		1	Biobase BDF-86V100	500
Vortex mixer		1	MRC VM-1000	220
Total		32		19725,75

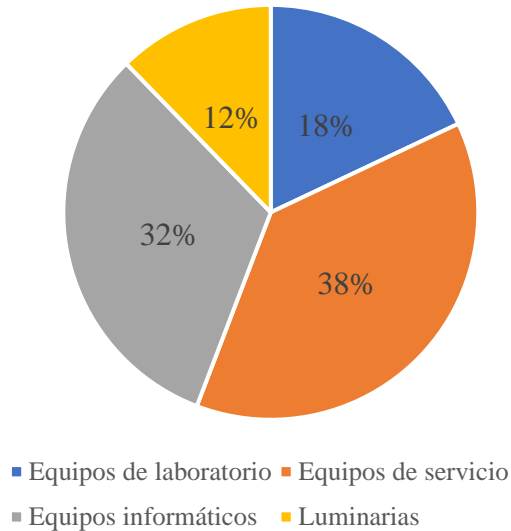
### Análisis de cargas instaladas

La distribución de las cargas instaladas en el transformador del edificio se encuentra resumidas en cuatro categorías que fueron establecidas anteriormente, estas se muestran en la tabla 13. La potencia total aproximada del edificio es de 109.72 kW. Cabe destacar que, en la planta baja, segunda y quinta planta existe un mayor porcentaje de potencia debido a que se encuentra la zona administrativa, los laboratorios de informática y los laboratorios de investigación respectivamente.

Tabla 13  
*Carga total instalada en el transformador*

N°	Categoría	Pn (W)	Porcentual (%)
1	Equipos de laboratorio	19725.75	17.98
2	Equipos de servicio	41505.00	37.83
3	Equipos informáticos	35021.30	31.92
4	Luminarias	13468.00	12.27
	Total	109720.05	100

En la figura 6 se observa que la carga porcentual de equipos informáticos es de mayor potencia instalada, los equipos de laboratorio y de servicio poseen similar potencia instalada y las luminarias son de menor consideración.



*Figura 6.* Potencia nominal de equipos consumidores de energía por categoría

#### **4.1.6 Mediciones eléctricas y registro de datos**

El edificio se alimenta con un transformador trifásico de 75 kVA, en la acometida principal del edificio se colocó el equipo analizador de redes para la obtención de los datos de los parámetros eléctricos. Para complementar la evaluación del consumo de energía cíclico que ocurre en un periodo académico (vacaciones, matriculas y clases) se realizaron tres mediciones las cuales registraron las siguientes variables: armónicos (%), corriente (A), demanda (kWh), factor de potencia ( $\cos \phi$ ), y voltaje (V).

##### **Primera medición**

La primera medición corresponde al periodo de vacaciones de los estudiantes donde se instaló el equipo analizador de red para el registro de datos en las fechas 6 a 11 de

marzo de 2019 con mediciones realizadas sistemáticamente cada 5 minutos siendo contabilizados un total de 1394 registros. En esta semana únicamente funcionan la zona administrativa, las oficinas de docentes para la planificación del nuevo ciclo académico y los auditorios para las presentaciones de los diferentes proyectos de investigación.

### **Segunda medición**

La segunda medición corresponde al periodo de matrículas de los estudiantes, se instaló el equipo analizador de red para el registro de datos en las fechas 18 a 26 de marzo de 2019 con mediciones realizadas sistemáticamente cada 5 minutos siendo contabilizados un total de 2245 registros.

### **Tercera medición**

La tercera medición corresponde al periodo de clases de los estudiantes, se instaló el equipo analizador de red para el registro de datos en las fechas 01 a 08 de julio de 2019 con mediciones realizadas sistemáticamente cada 5 minutos siendo contabilizados un total de 1937 registros.

### **Análisis de armónicos de tensión (%)**

Las figuras 7, 8 y 9 muestran los armónicos de tensión ( $THD_V$ ) registrados. En la primera y segunda medición la línea 3 presenta mayor contenido de armónicos debido a las cargas no lineales que circulan por esta línea, además aporta mayor carga reactiva hacia la acometida del transformador principal. Por el contrario, en la tercera medición (figura 8) se observa un comportamiento similar de las 3 líneas, esto se debe al periodo en que se registró la medición, pues todas las actividades del edificio se encontraban en funcionamiento.

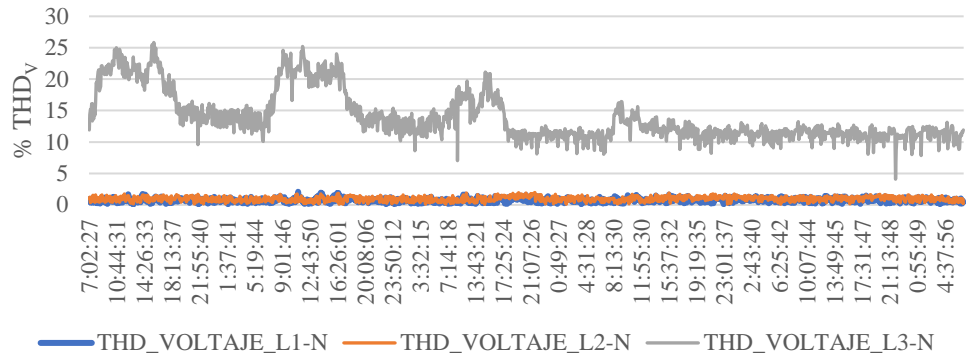


Figura 7. Curva de armónicos por línea (primera medición)

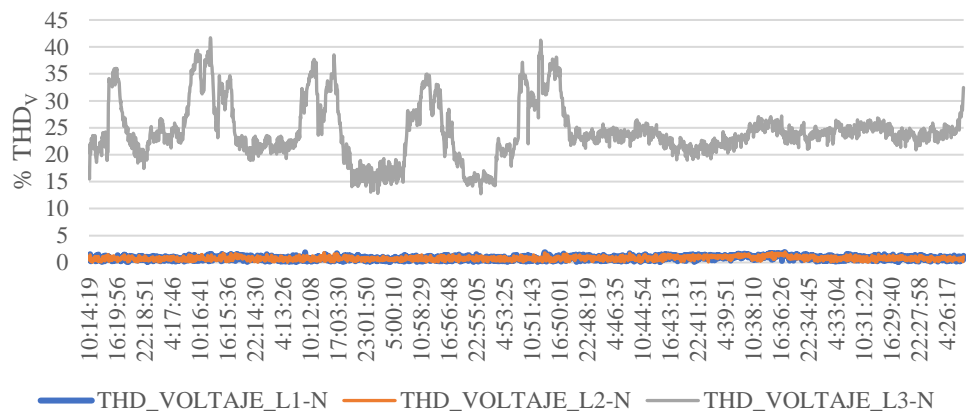


Figura 8. Curva de armónicos por línea (segunda medición)

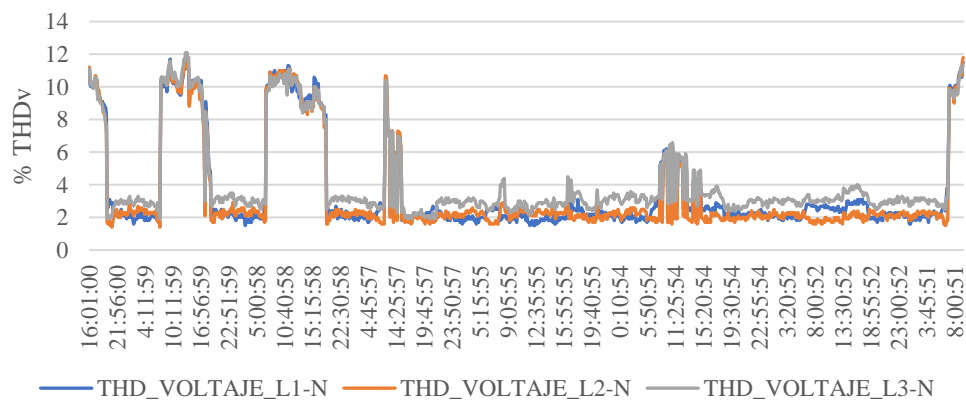


Figura 9. Curva de armónicos por línea (tercera medición)

Para analizar la calidad los armónicos de tensión es necesario considerar los límites establecidos en la Regulación 004/01 emitida por el CONELEC. Los resultados obtenidos y el cumplimiento o no con la normativa vigente se detallan a continuación en las tablas 14, 15 y 16.

Tabla 14  
*Análisis de armónicos de tensión por línea (primera medición)*

<b>Armónicos de tensión (THD<sub>v</sub>)</b>				
Según la Regulación 004/01 Límite admisible THD <sub>v</sub> (8%)			Número de muestras 1394	
Mínimo (%)	Promedio (%)	Máximo (%)	Cumplimiento con la Regulación	
	Línea 1		Dentro del límite	Fuera del límite
0.04	0.76	2.08	1394 (100%)	0%
	Línea 2			
0.08	0.96	1.96	1394 (100%)	0%
	Línea 3			
4.08	14.00	25.84	4 (0.29%)	1390 (99.71%)

- El valor promedio de armónicos de tensión registrados para la línea 1 es de 0.76% y la línea 2 es de 0.96%. Estos datos se encuentran por debajo de los límites establecidos, es decir, están en un nivel aceptable.
- El valor promedio de armónicos de tensión para la línea 3 es de 14%. De las 1394 muestras registradas 1390 (99.71%) están fuera del límite establecido.

Tabla 15  
*Análisis de armónicos de tensión por línea (segunda medición)*

<b>Armónicos de tensión (THD<sub>v</sub>)</b>				
Según la Regulación 004/01 Límite admisible THD <sub>v</sub> (8%)			Número de muestras 2245	
Mínimo (%)	Promedio (%)	Máximo (%)	Cumplimiento con la Regulación	
	Línea 1		Dentro del límite	Fuera del límite
0.04	0.82	1.94	2245 (100%)	0%
	Línea 2			
0.05	0.79	1.96	2245 (100%)	0%
	Línea 3			
12.74	24.38	41.70	0%	2245 (100%)

- El valor promedio de armónicos de tensión registrados para la línea 1 es de 0.82% y la línea 2 es de 0.79%. Estos datos se encuentran por debajo de los límites establecidos, es decir, están en un nivel aceptable.
- El valor promedio de armónicos de tensión para la línea 3 es de 24.38%. De las 2245 muestras registradas el 100% están fuera del límite establecido, es decir, no cumplen con la regulación.

Tabla 16

*Análisis de armónicos de tensión por línea (tercera medición)*

<b>Armónicos de tensión (THD<sub>v</sub>)</b>				
Según la Regulación 004/01			Número de muestras	
Límite admisible THD <sub>v</sub> (8%)			1128	
Mínimo (%)	Promedio (%)	Máximo (%)	Cumplimiento con la Regulación	
	Línea 1		Dentro del límite	Fuera del límite
1.50	3.46	11.70	947 (83.95%)	181 (16.05%)
	Línea 2			
1.40	3.46	11.80	954 (84.57%)	174 (15.43%)
	Línea 3			
1.90	4.21	12.10	954 (84.57%)	174 (15.43%)

- El valor promedio de armónicos de tensión para la línea 1 es de 3.46%. De las 1128 muestras registradas 181 (16.05%) están fuera del límite establecido.
- El valor promedio de armónicos de tensión para la línea 2 es de 3.46%. De las 1128 muestras registradas 174 (15.43%) están fuera del límite establecido.
- El valor promedio de armónicos de tensión para la línea 3 es de 4.21%. De las 1128 muestras registradas 174 (15.43%) están fuera del límite establecido.

La línea 3 puede producir la reducción del rendimiento de los equipos informáticos, alterando los flujos de datos que conllevan su pérdida, errores y velocidades de transmisión de datos más lentos, además puede provocar retardos en el tiempo de encendido o impedimentos en su iniciación.

Cabe destacar que en el estudio realizado por Báez (2019) sobre la misma edificación muestra similares resultados en cuanto a los armónicos registrados en las líneas 1 y 2, sin embargo, en la línea 3 se muestra el caso opuesto pues el 93% de los valores registrados en esta línea están dentro del límite de la regulación. Esto se puede deber a una carga excesiva de equipos informáticos o de los laboratorios de la quinta planta sobre esta línea.

### Análisis de corriente (A)

La corriente de neutro corresponde al vector suma de las corrientes de líneas, al encontrarse en equilibrio las tres fases del sistema de alimentación la corriente de neutro es igual a cero, sin embargo, como se observa en las figuras 10, 11 y 12 las corrientes de líneas se encuentran desbalanceadas, por ello a medida que aumenta la diferencia entre las corrientes de líneas la corriente de neutro se incrementa (Suárez, di Mauro, Anaut, y Agüero, 2010). Al poseer la FICAYA numerosos equipos de carga no lineal provoca la aparición de armónicos de tensión que degradan la calidad de la energía.

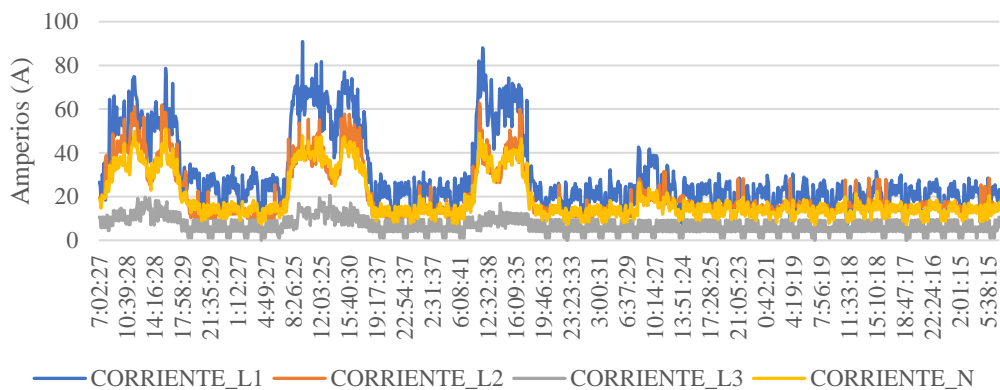


Figura 10. Curvas de corriente por línea (primera medición)

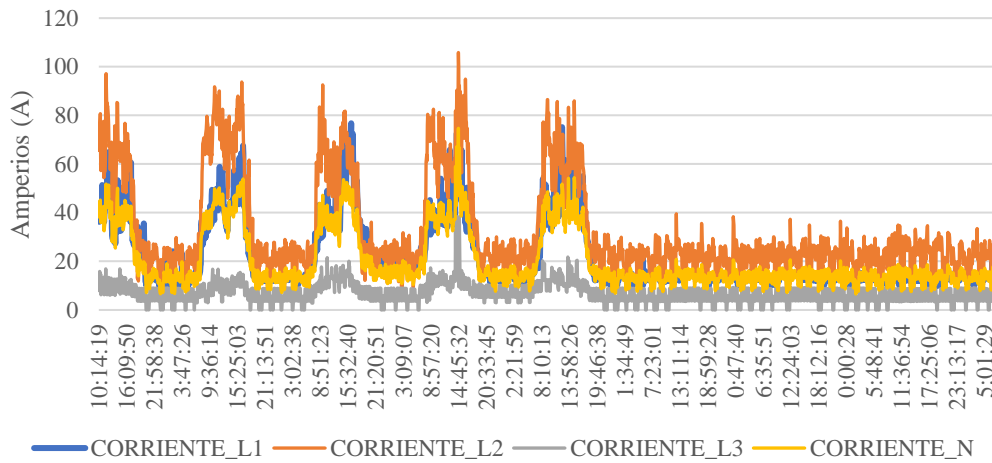


Figura 11. Curvas de corriente por línea (segunda medición)

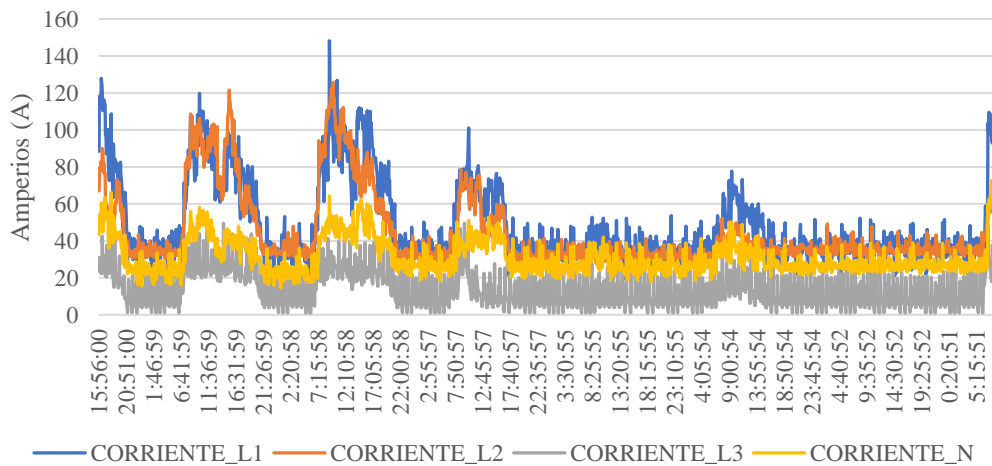


Figura 12. Curvas de corriente por línea (tercera medición)

Para analizar la calidad de la corriente es necesario considerar los límites establecidos en la Regulación 004/01 emitida por el CONELEC. Los resultados obtenidos y el cumplimiento o no con la normativa vigente se detallan a continuación en las tablas 17, 18 y 19. Es importante considerar que la corriente que circula por el neutro debe ser prácticamente nula o lo más cercana a cero.



Tabla 17  
*Análisis de corrientes por línea (primera medición)*

<b>Corrientes (A)</b>			
Según la Regulación 004/01		Número de muestras	
Límite admisible		1394	
3%			
Valores registrados			
Línea 1	Línea 2	Línea 3	Neutro
29.36	20.52	7.30	19.06
Desbalance de cargas por líneas			
-54.04 %	-7.12 %	61.70 %	

Al analizar los resultados se evidenció un desbalance de cargas para las tres líneas, a continuación, se presentan el porcentaje que se encuentran desbalanceadas.

- La línea 1 muestra un desbalance de carga del -54.04%.
- La línea 2 muestra un desbalance de carga del -7.12%.
- La línea 3 muestra un desbalance de carga del 61.70%.

Tabla 18  
*Análisis de corrientes por línea (segunda medición)*

<b>Corrientes (A)</b>			
Según la Regulación 004/01		Número de muestras	
Límite admisible		2245	
3%			
Valores registrados			
Línea 1	Línea 2	Línea 3	Neutro
21.63	31.50	7.45	20.19
Desbalance de cargas por líneas			
-7.11%	-55.99%	63.11%	

Al analizar los resultados se evidenció un desbalance de cargas para las tres líneas, a continuación, se presentan el porcentaje que se encuentran desbalanceadas.

- La línea 1 muestra un desbalance de carga del -7.11%.
- La línea 2 muestra un desbalance de carga del -55.99%.
- La línea 3 muestra un desbalance de carga del 63.11%.

Tabla 19  
*Análisis de corriente por línea (tercera medición)*

<b>Corrientes (A)</b>			
Según la Regulación 004/01			Número de muestras
Límite admisible			2245
3%			
Valores registrados			
Línea 1	Línea 2	Línea 3	Neutro
47.79	44.78	12.76	31.09
Desbalance de cargas por líneas			
-36.12%	-27.54%	63.66%	

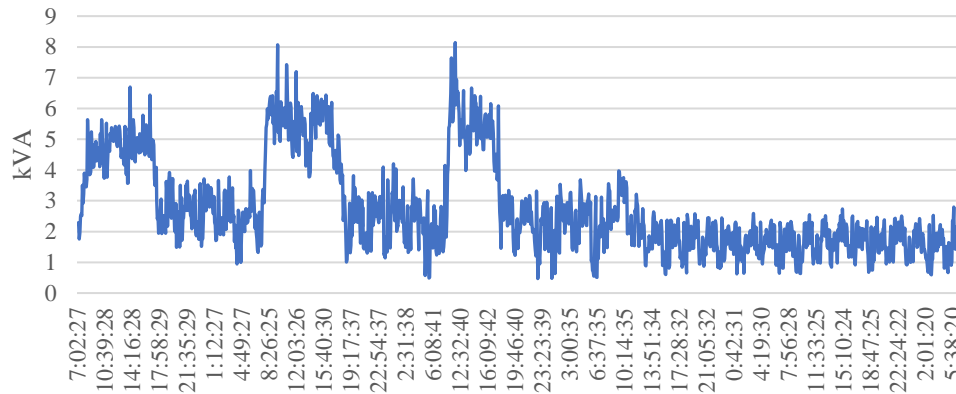
Al analizar los resultados se evidenció un desbalance de cargas para las tres líneas, a continuación, se presentan el porcentaje que se encuentran desbalanceadas.

- La línea 1 muestra un desbalance de cargas del -36.12%.
- La línea 2 muestra un desbalance de cargas del -27.54%.
- La línea 3 muestra un desbalance de cargas del 63.66%.

El desbalance de cada línea es mayor al 3% establecido en la Regulación 004/01, además, el valor que refleja la línea de neutro difiere de cero evidenciando el significativo desbalance de cargas que existe entre las tres líneas. Este evento se puede deber a la implementación de los laboratorios en la planta cuarta sin previa planificación. Cabe destacar que en comparación al estudio realizado por Báez (2019) sobre la misma edificación se evidenció un claro aumento en el desbalance de cargas entre líneas del 53.94%, 38.26% y 35.95% en la línea 1-2, línea 2-3 y línea 1-3 respectivamente.

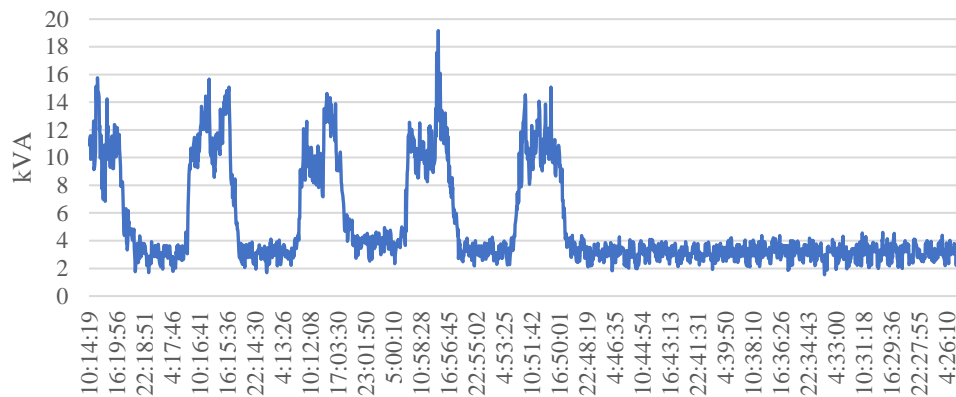
### **Análisis de la demanda de carga**

La figura 13 muestra la demanda de potencia que ha requerido la edificación durante el tiempo que estuvo instalado el equipo de medición, se observa que la potencia máxima requerida alcanzó los 8.14 kVA, mientras que el promedio de la carga fue de 2.75 kVA.



*Figura 13. Curva de carga (primera medición)*

La figura 14 muestra la demanda de potencia que ha requerido la edificación durante el tiempo que estuvo instalado el equipo de medición, se observa que la potencia máxima requerida alcanzó los 19.17 kVA, mientras que el promedio de la carga fue de 5.15 kVA.



*Figura 14. Curva de carga (segunda medición)*

La figura 15 muestra la demanda de potencia que ha requerido la edificación durante el tiempo que estuvo instalado el equipo de medición, se observa que la potencia máxima requerida alcanzó los 31.84 kVA, mientras que el promedio de la carga fue de 12.86 kVA.

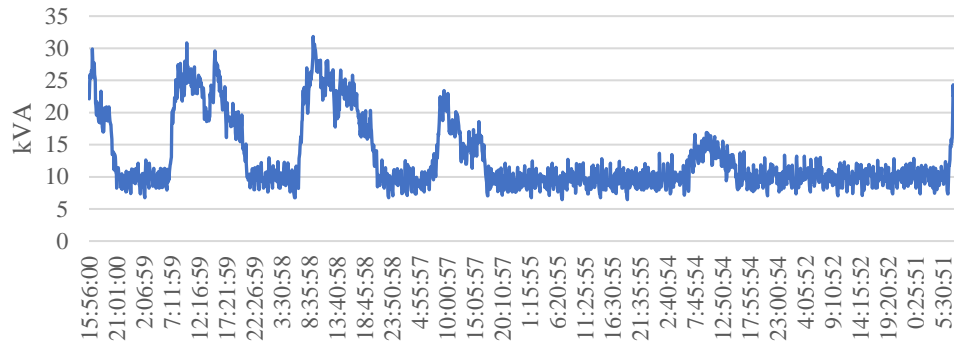


Figura 15. Curva de carga (tercera medición)

- El consumo total de energía del edificio para el periodo de vacaciones mientras estuvo conectado el quipo fue de 110.34 kWh.
- El consumo total de energía del edificio para el periodo de matrículas mientras estuvo conectado el equipo fue de 923.03 kWh.
- El consumo total de energía del edificio para el periodo de actividades académicas mientras estuvo conectado el equipo fue de 1251.67 kWh.

### Análisis del factor de potencia

Las figuras 16, 17 y 18 evidencian el comportamiento del factor de potencia en los periodos de registro de datos. En la primera medición se observa que el factor de potencia no alcanza la unidad, sin embargo, se visualiza factores por debajo de 0.5. Por el contrario, la segunda y tercera medición su comportamiento se encuentra por encima de los 0.5.

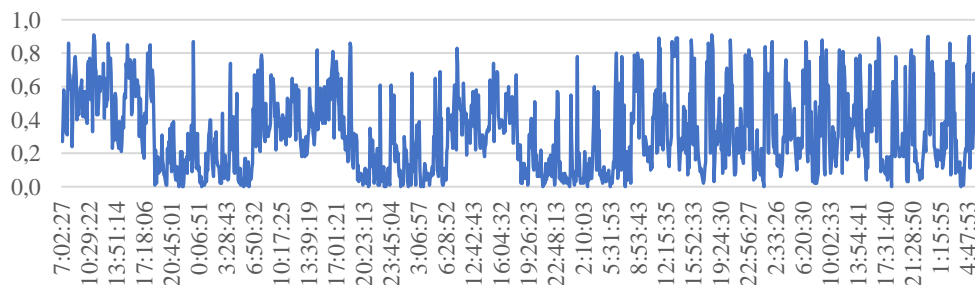


Figura 16. Curva de factor de potencia (primera medición)

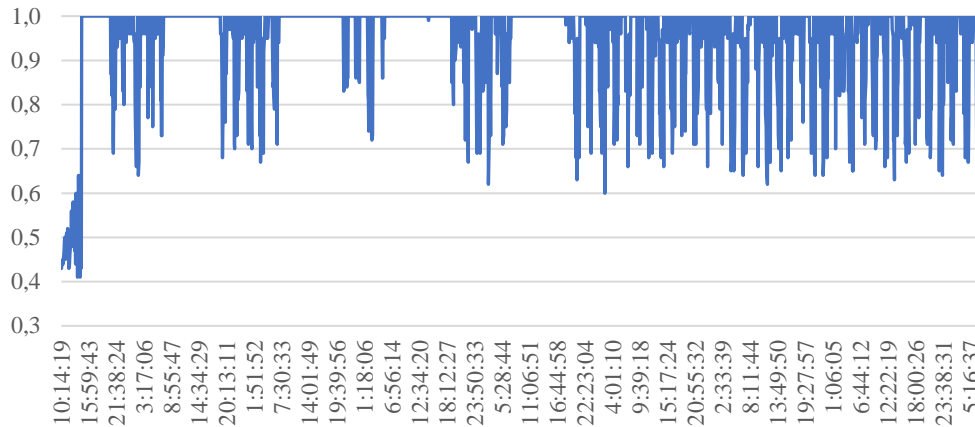


Figura 17. Curva de factor de potencia (segunda medición)

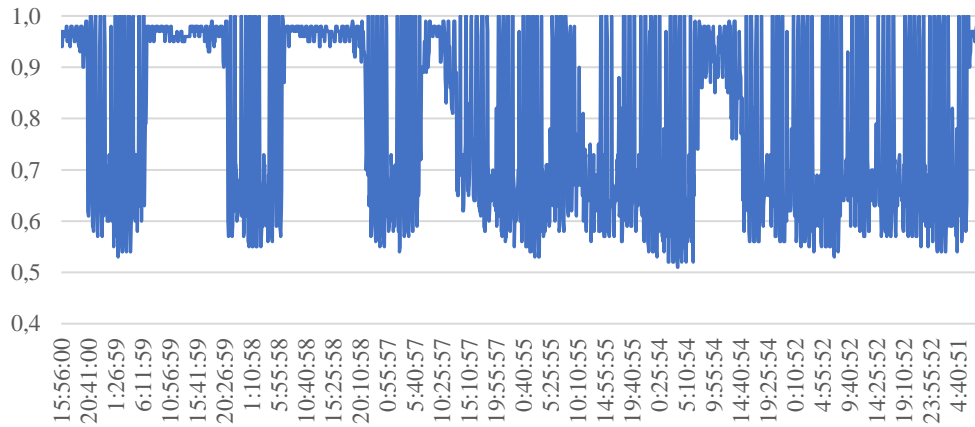


Figura 18. Curva de factor de potencia (tercera medición)

Para analizar la calidad del factor de potencia es necesario considerar los límites establecidos en la Regulación 004/01 emitida por el CONELEC. Los resultados obtenidos y el cumplimiento o no con la normativa vigente se detallan a continuación en las tablas 20, 21 y 22. Es muy importante considerar que cuanto más cercano a uno sea el factor de potencia toda la potencia suministrada a la instalación se convierte en potencia útil.

Tabla 20  
*Análisis del factor de potencia (primera medición)*

<b>Factor de potencia</b>				
Según la Regulación 004/01			Número de muestras	
Límite admisible			1394	
0.92				
Valores registrados			Cumplimiento con la Regulación	
Mínimo	Promedio	Máximo	Dentro del límite	Fuera del límite
0.00	0.35	1.00	49 (3.52%)	1345 (96.48%)

El valor promedio del factor de potencia para las tres líneas es de 0.35. De las 1394 muestras registradas 1345 (96.48%) están fuera del límite establecido, es decir, no cumplen con la regulación.

Tabla 21  
*Análisis del factor de potencia (segunda medición)*

<b>Factor de potencia</b>				
Según la Regulación 004/01			Número de muestras	
Límite admisible			2245	
0.92				
Valores registrados			Cumplimiento con la Regulación	
Mínimo	Promedio	Máximo	Dentro del límite	Fuera del límite
0.41	0.94	1.00	1742 (77.59%)	503 (22.41%)

El valor promedio del factor de potencia para las tres líneas es de 0.94. De las 2245 muestras registradas 503 (22.41%) están fuera del límite establecido, es decir, no cumplen con la regulación.

Tabla 22  
*Análisis del factor de potencia (tercera medición)*

<b>Factor de potencia</b>				
Según la Regulación 004/01			Número de muestras	
Límite admisible			1937	
0.92				
Valores registrados			Cumplimiento con la Regulación	
Mínimo	Promedio	Máximo	Dentro del límite	Fuera del límite
0.51	0.80	1.00	857 (44.24%)	1080 (55.76%)

El valor promedio del factor de potencia para las tres líneas es de 0.80. De las 1937 muestras registradas 1080 (55.76%) están fuera del límite establecido, es decir, no cumplen con la regulación.

Se deben tomar medidas correctivas para mejorar el factor de potencia una de ellas es la posible implementación de un banco de capacitores para elevar el factor de potencia y de esta manera reducir la cantidad de energía consumida, aumentar ahorro económico y obtener un mejor rendimiento de la edificación. Con respecto al estudio realizado por Báez (2019), el factor de potencia promedio se ha incrementado en 34.29%.

### Análisis de la frecuencia (Hz)

Las figuras 19, 20 y 21 evidencian el comportamiento de la frecuencia en el periodo de registro de datos. El valor máximo registrado se encuentra en la tercera medición con aproximadamente 60.40 Hz, el valor mínimo se registra en la primera medición con aproximadamente 59.85 Hz, mientras que el valor promedio de las tres mediciones se establece en 60.03 Hz. Los datos evidencian que la frecuencia se mantiene estable y dentro del rango normal de funcionamiento que es sobre los 60 Hz.

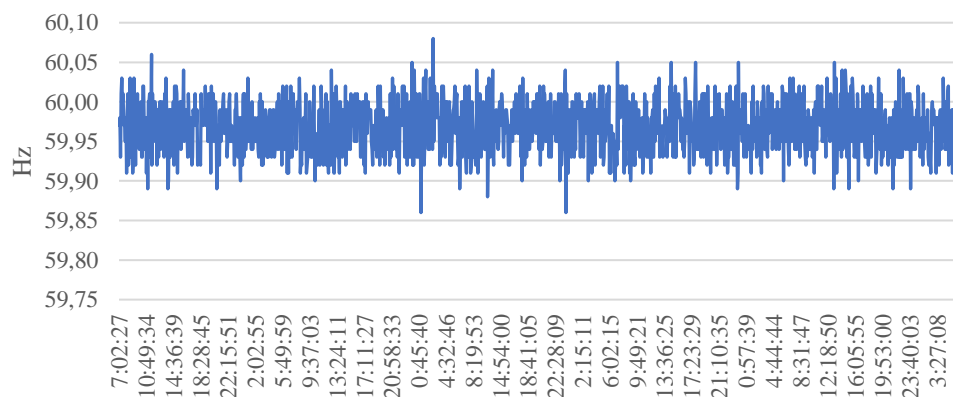


Figura 19. Curva de frecuencia (primera medición)

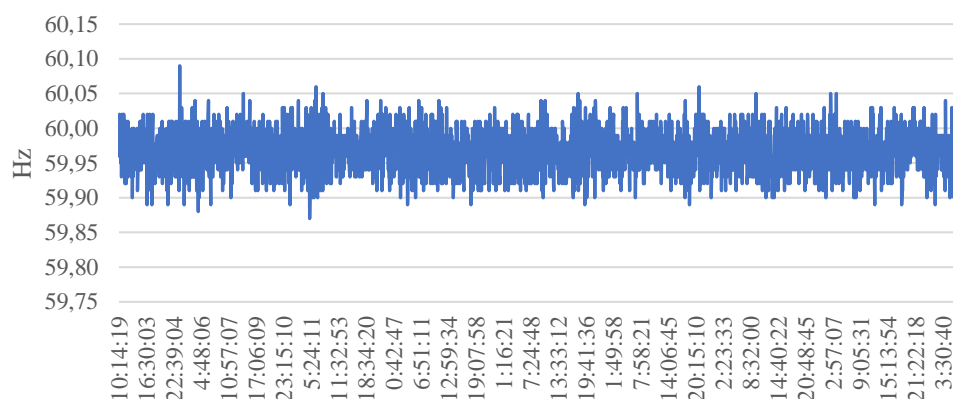


Figura 20. Curva de frecuencia (segunda medición)

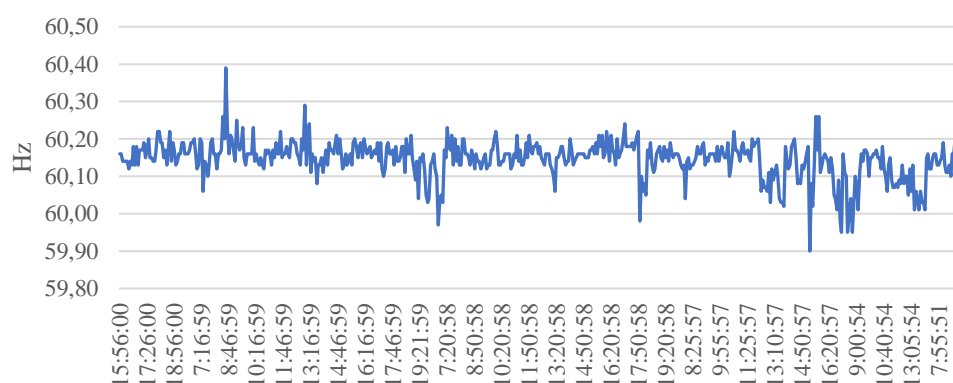


Figura 21. Curva de frecuencia (tercera medición)

Para analizar la calidad de la frecuencia es necesario considerar los límites establecidos en la Regulación 004/01 emitida por el CONELEC. Los resultados obtenidos y el cumplimiento o no con la normativa vigente se detallan a continuación en las tablas 23, 24 y 25.

Tabla 23  
Análisis de frecuencia (primera medición)

Frecuencia				
Límites admisibles (Hz)			Número de muestras	
59.85 a 60.15			1394	
Valores registrados			Cumplimiento con la Regulación	
Mínimo	Promedio	Máximo	Dentro del límite	Fuera del límite
59.86	59.97	60.08	1394 (100%)	0%



Al analizar los 1394 valores registrados de la frecuencia se verificó que el 100% de los datos se encuentran dentro del límite de la regulación, 59.86 Hz mínimo y 60.08 Hz máximo. El valor promedio es de 59.97 Hz este dato demuestra que es ideal para el correcto funcionamiento del sistema.

Tabla 24  
*Análisis de frecuencia (segunda medición)*

<b>Frecuencia</b>				
Límites admisibles (Hz)			Número de muestras	
59.85 a 60.15			2245	
Valores registrados			Cumplimiento con la Regulación	
Mínimo	Promedio	Máximo	Dentro del límite	Fuera del límite
59.87	59.97	60.09	2245 (100%)	0%

Al analizar los 2245 valores registrados de la frecuencia se verificó que el 100% de los datos se encuentran dentro del límite de la regulación, 59.85 Hz mínimo y 60.15 Hz máximo. El valor promedio es de 59.67 Hz este dato demuestra que es ideal para el correcto funcionamiento del sistema.

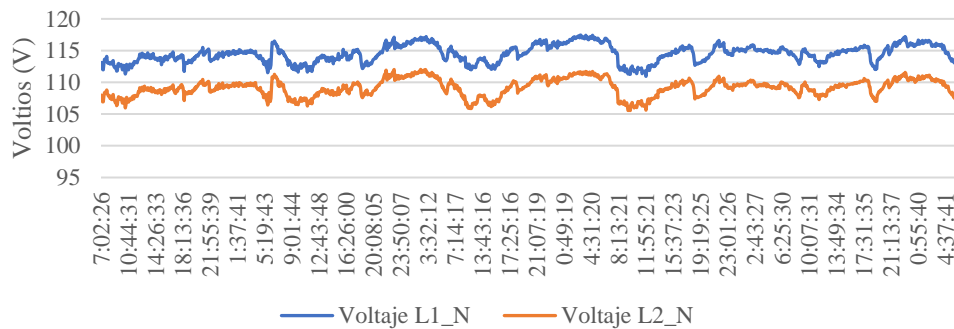
Tabla 25  
*Análisis de frecuencia (tercera medición)*

<b>Frecuencia</b>				
Límites admisibles (Hz)			Número de muestras	
59.85 a 60.15			1937	
Valores registrados			Cumplimiento con la Regulación	
Mínimo	Promedio	Máximo	Dentro del límite	Fuera del límite
59.90	60.15	60.39	1664 (85.91%)	273 (14.09%)

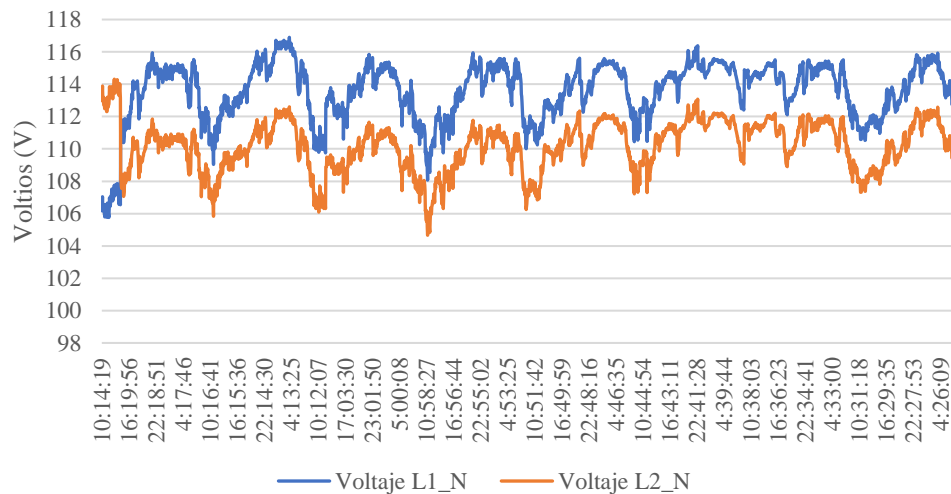
Al analizar los 1937 valores registrados de la frecuencia se verificó que el 85.91% de los datos se encuentran dentro del límite de la regulación. El 14.09% está fuera de los límites. El valor promedio es de 60.15 Hz este dato demuestra que es ideal para el correcto funcionamiento del sistema. Los datos evidencian que la frecuencia se mantiene estable y dentro del rango normal de funcionamiento que es sobre los 60 Hz, por ende, se puede concluir que la frecuencia entregada cumple con la normativa.

## Análisis de voltaje (V)

Las figuras 22, 23 y 24 muestran el comportamiento del voltaje en el periodo de registro de datos. En la primera y segunda medición se observa que el voltaje de la línea 1 es mayor al de la línea 2 evidenciando el desfase de cargas en estas líneas. Por otro lado, los datos de voltaje de la línea 3 no se visualizan pues el registro de esta línea fue nulo, sin embargo, en la tercera medición ya es posible evidenciar voltaje por las tres líneas debido a que al parecer no se estaba utilizando la línea 3.



*Figura 22. Curvas de voltaje (primera medición)*



*Figura 23. Curvas de voltaje (segunda medición)*

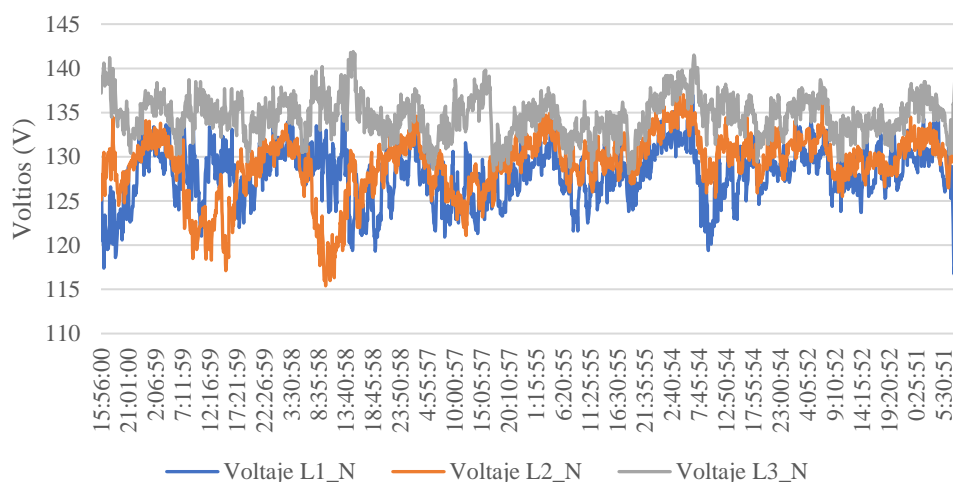


Figura 24. Curvas de voltaje (tercera medición)

Para analizar la calidad del nivel de voltaje es necesario considerar los límites establecidos en la Regulación 004/01 emitida por el CONELEC. Los resultados obtenidos y el cumplimiento o no con la normativa vigente se detallan a continuación en las tablas 26, 27 y 28.

Tabla 26  
Análisis del nivel de voltaje por línea (primera medición)

Nivel de voltaje (V)				
Según la Regulación 004/01 Límite admisible ( $\pm 8\%$ Vn)			Número de muestras 1394	
Mínimo	Promedio	Máximo	Cumplimiento con la Regulación	
	Línea 1		Dentro del límite	Fuera del límite
110.94	114.58	117.46	54 (3.87%)	1340 (96.13%)
	Línea 2			
105.56	109.31	112.04	0%	1394 (100%)

- De los 1394 valores registrados del nivel de voltaje para la línea 1 el 96.13% de datos se encuentran fuera del límite de la regulación (116.84 V a 137.16 V).
- De los 1394 valores registrados del nivel de voltaje para la línea 2 el 100% de datos se encuentran dentro del límite de la regulación (116.84 V a 137.16 V).
- El analizador de red no registró voltaje por la línea tres, por ende, no existen valores para su análisis.

Tabla 27  
Análisis del nivel de voltaje por línea (segunda medición)

Nivel de voltaje (V)				
Según la Regulación 004/01 Límite admisible ( $\pm 8\%$ Vn)			Número de muestras 2245	
Mínimo	Promedio	Máximo	Cumplimiento con la Regulación	
	Línea 1		Dentro del límite	Fuera del límite
105.76	113.56	116.90	1 (0.04%)	2244 (99.96%)
	Línea 2			
104.66	110.19	114.31	0%	2245 (100%)

- De los 2245 valores registrados del nivel de voltaje para la línea 1 el 99.96% de datos se encuentran fuera del límite de la regulación (116.84 V a 137.16 V).
- De los 2245 valores registrados del nivel de voltaje para la línea 2 el 100% de datos se encuentran fuera del límite de la regulación (116.84 V a 137.16 V).
- El analizador de red no registró voltaje por la línea tres, por ende, no existen valores para su análisis.

Tabla 28  
Análisis de voltajes por línea (tercera medición)

Nivel de voltaje (V)				
Según la Regulación 004/01 Límite admisible ( $\pm 8\%$ Vn)			Número de muestras 1394	
Mínimo	Promedio	Máximo	Cumplimiento con la Regulación	
	Línea 1		Dentro del límite	Fuera del límite
114.80	128.10	137.00	1930 (99.64%)	7 (0.36%)
	Línea 2			
115.40	128.97	137.20	1925 (99.38%)	12 (0.62%)
	Línea 3			
128.10	134.63	141.90	1680 (86.73%)	257 (13.27%)

- De los 1394 valores registrados del nivel de voltaje para la línea 1 el 0.36% de datos se encuentran fuera del límite de la regulación (116.84 V a 137.16 V).
- De los 1394 valores registrados del nivel de voltaje para la línea 2 el 0.62% de datos se encuentran fuera del límite de la regulación (116.84 V a 137.16 V).
- De los 1394 valores registrados del nivel de voltaje para la línea 3 el 13.27% de datos se encuentran fuera del límite de la regulación (116.84 V a 137.16 V).

Los valores de voltaje en los periodos de vacaciones y matrículas no cumplen con lo establecido en la Regulación 004/01, esto se debe a la existencia de pérdidas de energía por el cableado eléctrico del edificio por la antigüedad de estos.

### Análisis de las perturbaciones (Parpadeo o Flicker)

La figura 25 muestra el comportamiento de las perturbaciones (parpadeo o flicker) en las líneas 1, 2 y 3 en el periodo de registro de datos. El valor máximo es de 4.30 pu (unidades de perceptibilidad) y se da en las tres líneas. Por otro lado, el valor mínimo se encuentra en la línea 1 con 0.25 pu. Los datos registrados muestran el incumplimiento de la regulación 004/01 pues el límite establecido para el índice de severidad de flicker de corta duración es de 1 pu.

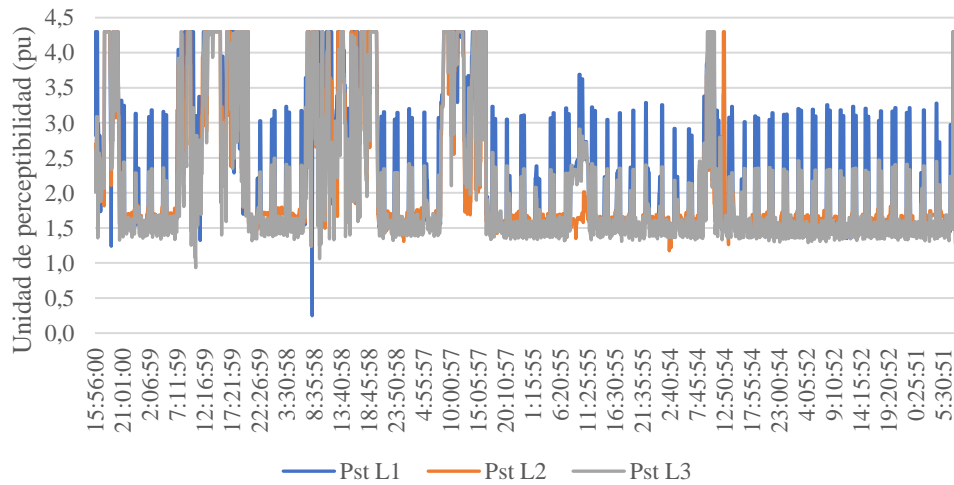


Figura 25. Curva de parpadeo (flicker)

Para analizar la calidad en cuanto a flicker se considera al Índice de Severidad por Flicker de Corta Duración ( $P_{st}$ ) definido por las normas IEC, los límites se encuentran establecidos en la Regulación 004/01 emitida por el CONELEC. Los resultados obtenidos y el cumplimiento o no con la normativa vigente se detallan a continuación en la tabla 29.

Tabla 29  
*Análisis de parpadeo (flicker) por línea*

<b>Flicker P<sub>st</sub></b>				
Según la Regulación 004/01			Número de muestras	
Límite P <sub>st</sub> (1pu)			1937	
Mínimo	Promedio	Máximo	Cumplimiento con la Regulación	
	Línea 1		Dentro del límite	Fuera del límite
0.25	2.35	4.30	1 (0.05%)	1936 (99.95%)
	Línea 2			
1.17	2.13	4.30	0%	1937 (100%)
	Línea 3			
0.88	2.11	4.30	4 (0.21%)	1933 (99.79%)

- De los 1937 valores registrados de parpadeo o flicker para la línea 1 el 99.95% de datos se encuentran fuera del límite de la regulación.
- De los 1937 valores registrados de parpadeo o flicker para la línea 2 el 100% de datos se encuentran fuera del límite de la regulación.
- De los 1937 valores registrados de parpadeo o flicker para la línea 3 el 99.79% de datos se encuentran fuera del límite de la regulación.

Se evidencia claramente que el nivel de parpadeo de la instalación eléctrica del edificio no cumple con la regulación 004/01 establecida por el CONELEC. Por ende, es necesario tomar medidas sobre dicho suceso para evitar el desgaste prematuro de las fuentes de iluminación y los elementos eléctricos y electrónicos.

#### **4.1.7 Análisis de caídas de tensión**

A continuación, se muestran los análisis de tensión realizados en los subtableros en el periodo de matrículas y clases. Además, se muestra el análisis de caída de tensión en los tomacorrientes de cada planta del edificio.

## Análisis de caída de tensión en los subtableros

Haciendo uso del voltaje nominal del transformador (127 V) y considerando que el límite de caídas de tensión en los subtableros es de 3% se estableció el valor de voltaje mínimo es de 123.19 V. Los valores de voltaje de cada subtablero del edificio se observan en la tabla 30 y 31, estos fueron comparados con el voltaje mínimo para analizar las caídas de tensión. Es importante mencionar que los subtableros no poseen etiquetas informativas de a cuál línea se encuentran conectadas por tanto se decidió nombrarlas línea A y línea B, además el subtablero 3 se encuentra conectado a una única línea.

Tabla 30

*Análisis de caídas de tensión para cada subtablero (periodo de matrículas)*

Subtablero	Valor mínimo		Valor promedio		Valor máximo		Total promedio
	Línea A	Línea B	Línea A	Línea B	Línea A	Línea B	
ST-1	118.70	126.80	122.68	127.08	127.10	127.30	124.88
ST-2	118.60	122.90	121.06	125.76	123.00	128.60	123.41
ST-3	119.50	N/D	122.93	N/D	125.00	N/D	122.93
ST-4	120.10	132.70	122.48	133.42	125.80	134.20	127.95
ST-5	121.70	132.10	122.38	132.80	123.40	133.80	127.59
ST-6	123.10	132.00	123.62	132.18	124.10	132.50	127.90
ST-7	124.30	133.80	125.16	133.96	125.90	134.10	129.56

- Se observa que en el subtablero 1 el valor de voltaje promedio de la línea A se encuentra bajo el valor de voltaje mínimo establecido y los valores de voltaje promedio de la línea B y total están sobre el límite.
- Se observa que en el subtablero 2 el valor de voltaje promedio de la línea A se encuentra bajo el valor de voltaje mínimo establecido y los valores de voltaje promedio de la línea B y total están sobre el límite.
- Se observa que en el subtablero 3 el valor de voltaje promedio de la línea A se encuentra bajo el valor de voltaje mínimo establecido.

- Se observa que en el subtablero 4 el valor de voltaje promedio de la línea A se encuentra bajo el valor de voltaje mínimo establecido y los valores de voltaje promedio de la línea B y total están sobre el límite.
- Se observa que en el subtablero 5 el valor de voltaje promedio de la línea A se encuentra bajo el valor de voltaje mínimo establecido y los valores de voltaje promedio de la línea B y total están sobre el límite.
- Se observa que en el subtablero 6 el valor de voltaje promedio de la línea A y B se encuentran sobre el límite de voltaje mínimo establecido.
- Se observa que en el subtablero 7 el valor de voltaje promedio de la línea A y B se encuentran sobre el límite de voltaje mínimo establecido.

Tabla 31

*Análisis de caídas de tensión para cada subtablero (periodo de clases)*

Subtablero	Valor mínimo		Valor promedio		Valor máximo		Total promedio
	Línea A	Línea B	Línea A	Línea B	Línea A	Línea B	
ST-1	118.70	125.00	121.88	126.56	125.20	127.90	124.22
ST-2	122.10	122.80	123.42	125.48	124.20	129.30	124.45
ST-3	118.50	N/D	123.70	N/D	130.60	N/D	123.70
ST-4	122.00	132.00	124.52	133.88	128.00	136.60	129.20
ST-5	123.30	134.10	125.60	135.56	126.90	137.30	130.58
ST-6	115.90	134.90	121.42	136.30	129.10	137.80	128.86
ST-7	118.80	133.80	121.66	136.16	128.10	137.60	128.91

- Se observa que en el subtablero 1 el valor de voltaje promedio de la línea A se encuentra bajo el valor de voltaje mínimo establecido y los valores de voltaje promedio de la línea B y total están sobre el límite.
- Se observa que en el subtablero 2 el valor de voltaje promedio de la línea A y B se encuentran sobre el límite de voltaje mínimo establecido.
- Se observa que en el subtablero 3 el valor de voltaje promedio de la línea A y B se encuentran sobre el límite de voltaje mínimo establecido.
- Se observa que en el subtablero 4 el valor de voltaje promedio de la línea A y B se encuentran sobre el límite de voltaje mínimo establecido.



- Se observa que en el subtablero 5 el valor de voltaje promedio de la línea A y B se encuentran sobre el límite de voltaje mínimo establecido.
- Se observa que en el subtablero 6 el valor de voltaje promedio de la línea A y B se encuentran sobre el límite de voltaje mínimo establecido.
- Se observa que en el subtablero 7 el valor de voltaje promedio de la línea A y B se encuentran sobre el límite de voltaje mínimo establecido.

### **Análisis de caída de tensión en los tomacorrientes por planta**

Haciendo uso del voltaje nominal del transformador (127 V) y considerando que el límite de caídas de tensión en tomacorrientes es de 3% se estableció el valor de voltaje mínimo es de 123.19 V. Los valores de voltaje medidos en los tomacorrientes de cada planta del edificio se observan en la tabla 32, estos fueron comparados con el voltaje mínimo para analizar las caídas de tensión.

Tabla 32  
*Análisis de caídas de tensión por planta*

<b>Planta</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor promedio</b>	<b>Valor Máximo</b>
Baja	108.5	119.87	134.5
Primera	113.6	121.03	125.3
Segunda	107.2	121.88	133.7
Tercera	117.6	127.95	136.1
Cuarta	112.9	120.46	134.7

- Se observa que en la planta baja el valor de voltaje promedio se encuentra bajo el voltaje mínimo establecido.
- Se observa que en la primera planta el valor de voltaje promedio se encuentra bajo el voltaje mínimo establecido.
- Se observa que en la segunda planta el valor de voltaje promedio se encuentra bajo el voltaje mínimo establecido.
- Se observa que en la tercera planta el valor de voltaje promedio se encuentra sobre el voltaje mínimo establecido.

- Se observa que en la cuarta planta el valor de voltaje promedio se encuentra bajo el voltaje mínimo establecido.

#### **4.1.8 Cálculos para el dimensionamiento del transformador**

A continuación, se presentan los cálculos realizados para la obtención del dimensionamiento del transformador.

##### **Demanda máxima diversificada**

$$DMD = N^{\circ} \text{ abonados tipo } A * \text{ factor de sobrecarga} \quad (\text{ecuación 1})$$

$$DMD = 5.4 * 0.9$$

$$DMD = 4.86 \text{ kVA}$$

##### **Demanda de diseño**

La demanda de diseño calculada fue de 4.86 kVA. Cabe mencionar que no fueron tomados en cuenta la demanda del alumbrado público debido a que el tramo es corto y la demanda de cargas especiales pues el edificio no cuenta con ellas, por este motivo la demanda de diseño es igual a la demanda máxima diversificada.

##### **Carga instalada representativa**

En el cálculo de la carga instalada se utilizó diferentes factores de frecuencia de utilización estimados por el autor, estos varían según la carga y el tiempo de utilización. Para más información revisar el ejemplo dado en la tabla 7. La carga instalada representativa total fue de 60308.33 W.

### **Demanda máxima unitaria (*DMU*)**

En el cálculo de la demanda máxima unitaria se utilizó diferentes factores de simultaneidad de uso estimados por el autor, estos varían según la carga y el tiempo de utilización. Se obtuvo una demanda máxima unitaria total de 49719 W de potencia útil. Este valor se lo transformó a kVA utilizando el factor de potencia de 0.9 obteniendo 56.92 kVA.

### **Tasa de incremento (*Ti*)**

El porcentaje de incremento establecido para el edificio FICAYA es de 0.2 producto del cálculo de incremento anual de estudiantes de los últimos 5 años.

$$Ti = 1 + \left(\frac{\%}{100}\right) * n$$

$$Ti = 1 + \left(\frac{0.2}{100}\right) * 15$$

$$Ti = 1.03$$

### **Demanda máxima unitaria proyectada (*DMUp*)**

$$DMUp = DMU * Ti$$

$$DMUp = 55.24 * 1.03$$

$$DMUp = 56.92 \text{ kVA}$$

### **Demanda de diseño total (*Dd<sub>T</sub>*)**

$$Dd_T = DMUp + Dd$$

$$Dd_T = 56.92 + 4.86$$

$$Dd_T = 61.78 \text{ kVA}$$

La potencia total que se encuentra alimentando al transformador es de 61.78 kVA.

#### **4.1.9 Cálculo de energía de pérdidas**

A continuación, se presentan los cálculos realizados para la obtención de la energía de pérdidas.

#### **Demanda de corriente promedio**

$$I (A) = \frac{DMU}{V_{PR}}$$
$$I (A) = \frac{1125}{130.57}$$
$$I (A) = 8.62$$

El mismo cálculo se utilizó para todos los equipos eléctricos y/o electrónicos para conocer la corriente de circulación por cada equipo. Se tomó como ejemplo para efectos de comprensión del cálculo, la demanda máxima unitaria de la bomba de alta presión.

#### **Demanda máxima unitaria real**

$$DMU_r (W) = Vn * I$$
$$DMU_r (W) = 127 * 8.62$$
$$DMU_r (W) = 1094.27$$

El mismo cálculo se utilizó para todos los equipos eléctricos y/o electrónicos para conocer la demanda máxima unitaria real por cada equipo.

### **Demanda máxima unitaria de pérdidas**

$$DMU_{p\acute{e}rdidas} (W) = DMU - DMU_r$$

$$DMU_{p\acute{e}rdidas} (W) = 1125 - 1094.27$$

$$DMU_{p\acute{e}rdidas} (W) = 30.73$$

El mismo cálculo se utilizó para todos los equipos eléctricos y/o electrónicos para conocer la demanda máxima unitaria de pérdidas por cada equipo.

### **Energía máxima unitaria de pérdidas**

$$EMU_p (kWh/a\acute{n}o) = \frac{\sum DMU_{p\acute{e}rdidas} * 24 h * 30 dias * 12 meses}{1000}$$

$$EMU_p (kWh/a\acute{n}o) = \frac{1358.17 * 24 * 30 * 12}{1000}$$

$$EMU_p (kWh/a\acute{n}o) = 11734.55$$

Se obtuvo un total de 11734.55 kWh de energía perdida anualmente a carga máxima. Lo que representa la emisión a la atmosfera de 4.28 tCO<sub>2</sub>/año y en términos económicos USD 821.42 al año.

#### **4.1.10 Análisis de consumo de energía eléctrica**

A plena carga el edificio FICAYA tiene un consumo eléctrico de 35797.68 kWh/mes. Al comparar este valor con el consumo promedio mensual de 2018 de la UTN de 92266.67 kWh/mes, representa 38.80% del consumo de energía total del campus UTN.

#### 4.1.11 Resumen ejecutivo

A continuación, se presenta el resumen ejecutivo de los resultados obtenidos:

Tabla 33

*Resumen ejecutivo de resultados de parámetros eléctricos*

<b>Armónicos de tensión (% THD<sub>v</sub>)</b>					
Periodo de Medición	Valor registrado				Observaciones
	L1	L2	L3	N	
Vacaciones	0.76	0.96	14.00	-	Línea 3 no cumple con la normativa
Matriculas	0.82	0.79	24.38	-	Línea 3 no cumple con la normativa
Clases	3.46	3.46	4.21	-	Cumple con la normativa
<b>Corrientes (A)</b>					
Periodo de Medición	Valor registrado				Observaciones
	L1	L2	L3	N	
Vacaciones	29.36	20.52	7.30	19.06	No cumplen con la normativa
Matriculas	21.63	31.50	7.45	20.19	No cumplen con la normativa
Clases	47.79	44.78	12.76	31.09	No cumplen con la normativa
<b>Voltaje (V)</b>					
Periodo de Medición	Valor registrado				Observaciones
	L1	L2	L3	N	
Vacaciones	114.58	109.31	-	-	No cumplen con la normativa
Matriculas	113.56	110.19	-	-	No cumplen con la normativa
Clases	128.10	128.97	134.63	-	Cumple con la normativa
<b>Flicker o parpadeo (P<sub>st</sub>)</b>					
Periodo de Medición	Valor registrado				Observaciones
	L1	L2	L3	N	
Clases	2.35	2.13	2.11	-	No cumplen con la normativa
<b>Frecuencia (Hz)</b>					
Periodo de Medición	Valor registrado				Observaciones
Vacaciones		59.97			Cumple con la normativa
Matriculas		60.97			Cumple con la normativa
Clases		60.15			Cumple con la normativa
<b>Factor de potencia</b>					
Periodo de Medición	Valor registrado				Observaciones
Vacaciones		0.35			No cumple con la normativa
Matriculas		0.94			Cumple con la normativa
Clases		0.80			No cumple con la normativa

<b>Caídas de tensión en los subtableros por periodo</b>			
Periodo de Medición	Subtablero	Valor registrado	Observaciones
Matrículas	ST-1	124.88	Cumple con la normativa
	ST-2	123.41	Cumple con la normativa
	ST-3	122.93	No cumple con la normativa
	ST-4	127.95	Cumple con la normativa
	ST-5	127.59	Cumple con la normativa
	ST-6	127.90	Cumple con la normativa
	ST-7	129.56	Cumple con la normativa
Clases	ST-1	124.22	Cumple con la normativa
	ST-2	124.45	Cumple con la normativa
	ST-3	123.70	Cumple con la normativa
	ST-4	129.20	Cumple con la normativa
	ST-5	130.58	Cumple con la normativa
	ST-6	128.86	Cumple con la normativa
	ST-7	128.91	Cumple con la normativa
<b>Caídas de tensión en tomacorrientes por planta</b>			
Planta		Valor registrado	Observaciones
Baja		119.87	No cumple con la normativa
Primera		121.03	No cumple con la normativa
Segunda		121.88	No cumple con la normativa
Tercera		127.95	Cumple con la normativa
Cuarta		120.46	No cumple con la normativa

#### **4.2 Cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero**

En el análisis realizado se evidencia el consumo de energía eléctrica suministrada por el Sistema Nacional Interconectado (SNI) hacia el edificio FICAYA durante los dos periodos de actividades académicas octubre 2018 – febrero 2019 y abril 2019 – agosto 2019.

En la figura 26 se observa el consumo de energía para cada uno de los periodos analizados con los que se trabajó para el cálculo de la huella de carbono. Se observa que el comportamiento de los periodos tiene similitudes, pues los días de mayor requerimiento energético se dan los martes y miércoles.

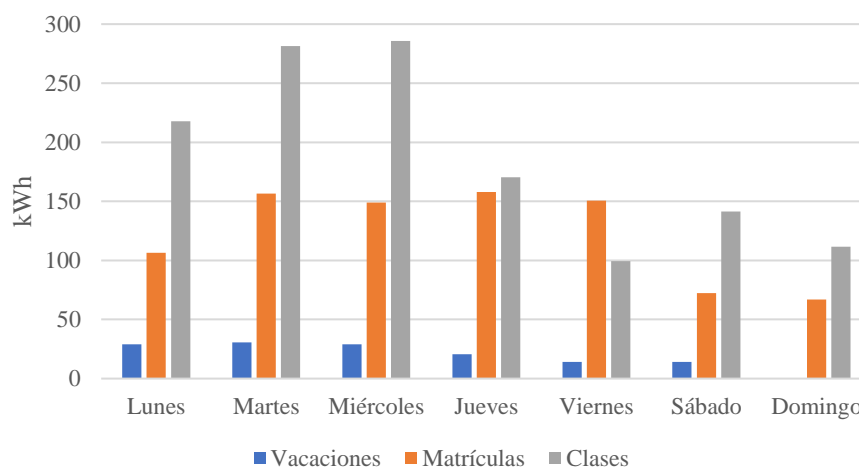


Figura 26. Consumo de energía por periodo

En la tabla 34 se puede observar los consumos de electricidad y su respectiva huella de carbono semanales y anuales para cada periodo académico con el factor de emisión del año base 2013 establecido por el MAE.

Tabla 34

*Huella de carbono con el factor de emisión del MAE*

Periodo	Semanas/año	CE		FE	HC
		kWh/semana	kWh/año	Kg CO <sub>2</sub> /kWh	Kg CO <sub>2</sub> /año
Clases	38	1308.05	49705.90		25161.13
Matrículas	6	859.94	5159.64	0.5062	2899.72
Vacaciones	8	137.53	1100.24		618.33

Fuente: (MAE, 2013)

Las emisiones correspondientes al consumo de energía eléctrica para los dos periodos analizados muestran que la mayor cantidad de emisiones gaseosas se producen en las semanas de actividades académicas en clases regulares siendo de 25.16 tCO<sub>2</sub> y la menor cantidad corresponde a las semanas de vacaciones alcanzando 0.62 tCO<sub>2</sub>. La huella de carbono total es de 28.68 tCO<sub>2</sub>.



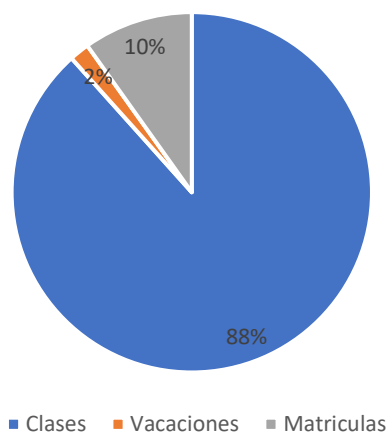


Figura 27. Emisiones por consumo de energía eléctrica

La figura 27 muestra el porcentaje de participación en consumo de energía eléctrica para los periodos analizados, dando como resultados que el 88% corresponde al periodo de clases regulares, el 10% al periodo de matrículas y el 2% al periodo de vacaciones. Hay que destacar que estudio fue realizado para dos periodos académicos obteniendo la huella de carbono anual del edificio FICAYA.

Tabla 35

*Huella de carbono con el factor de emisión de Parra, (2015)*

Periodo	Semanas/año	CE	CE	FE	HC
		kWh/semana	kWh/año	Kg CO <sub>2</sub> /kWh	Kg CO <sub>2</sub> /año
Clases	38	1308.05	49705.90		17029.24
Matrículas	6	859.94	5159.64	0.3426	1767.69
Vacaciones	8	137.53	1100.24		376.94

Fuente: (Parra, 2015)

Las emisiones de CO<sub>2</sub> calculadas (tabla 35) utilizando el factor de emisión del estudio de Parra (2015), con año base del 2014 muestran una huella de carbono anual de 19.17 tCO<sub>2</sub>, esta difiere en menor cantidad debido a la diferencia que existe entre los factores de emisión utilizados, sin embargo, es posible evidenciar la cantidad de emisiones que se están emitiendo a la atmosfera por el consumo de electricidad en la edificación de estudio.

Tabla 36  
*Huella de carbono con el factor de emisión de la IEA*

Periodo	Semanas/año	CE	CE	FE	HC
		kWh/semana	kWh/año	Kg CO <sub>2</sub> /kWh	Kg CO <sub>2</sub> /año
Clases	38	1308.05	49705.90		18142.65
Matrículas	6	859.94	5159.64	0.3650	1883.27
Vacaciones	8	137.53	1100.24		401.59

**Fuente:** (IEA, 2018)

En la tabla 36 se observa las emisiones de CO<sub>2</sub> calculas utilizando el factor de emisión del año 2016 establecido por la Agencia Internacional de la Energía (IEA) (2018), esta muestra una huella de carbono anual de 20.43 tCO<sub>2</sub>, difiere en cantidad debido a la diferencia que existe entre los factores de emisión utilizados, sin embargo, es posible evidenciar la cantidad de emisiones que se están emitiendo a la atmosfera por el consumo de electricidad en la edificación de estudio.

Tabla 37  
*Emisiones de GEI por consumo eléctrico en universidades nacionales*

Universidad	Año	Emisiones (tCO <sub>2</sub> )	Estudiantes	Emisiones por estudiante (tCO <sub>2</sub> /estudiante)
Facultad de Ciencias de la Ingeniería – Universidad Técnica Equinoccial	2012	134.45	2467	0.05
Universidad Politécnica Salesiana – Sede Quito Campus Sur	2012	994.02	3870	0.26
Universidad de Especialidades Espíritu Santo	2013	1484.75	6165	0.24
Pontificia Universidad Católica del Ecuador	2016	296.44	-	-
Universidad San Francisco de Quito	2017	611.71	9912	0.06
Universidad Técnica del Norte	2018	447.97	10737	0.04
Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales – Universidad Técnica del Norte	2018	20.43	1081	0.02

**Fuente:** (Viteri, 2013); (Dávila y Varela 2014); (Manzur, 2016); (Melo, 2018); (Pérez, 2018)

En la tabla 37 se observa las emisiones de GEI obtenidas por consumo eléctrico en estudios realizados por universidades nacionales. En el estudio de la Universidad Técnica Equinoccial (UTE) se ha calculado la huella de carbono de una de sus facultades obteniéndose un total de 134.45 tCO<sub>2</sub>, si comparamos este valor con el obtenido en el edificio FICAYA, representa 15.20% de la huella de carbono de la UTE y 4.56% del campus de la UTN. Cabe mencionar que en el estudio realizado en la facultad de ciencias de la ingeniería de la UTE se analizaron en base al consumo de energía de más de una edificación.

En términos de huella de carbono por institución la UTN representa el 1.38 % de la UEES, 6.89% de la UPS-SQ y 3.34% de la USFQ, cabe destacar que los factores de emisión utilizados en cada uno de los estudios difieren debido a que han sido tomados de diferentes organizaciones. Para efectos de comparación entre la edificación de estudio y las instituciones de educación superior en cuanto a huella de carbono total se ha tomado el promedio de las emisiones calculadas, sin embargo, al analizar los valores obtenidos es posible mencionar que la edificación de la UTN emite menor cantidad de gases de efecto invernadero hacia la atmosfera.

### **4.3 Propuestas y recomendaciones técnicas en eficiencia energética**

En este apartado se detalla las propuestas de mejora de las diferentes instalaciones.

#### **4.3.1 Sustitución de las lámparas actuales por lámparas led T8 de 18 W**

En la actualidad se ha empezado a comercializar tubos led cada vez más eficientes, ofreciendo el mismo nivel de iluminación, pero empleando una menor cantidad de energía. La ventaja que se presenta es la posibilidad de sustituir las lámparas actuales sin tener que cambiar toda la luminaria.

Tabla 38  
*Detalle de lámparas a sustituir*

<b>Tipo de lámpara</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Cantidad (lámparas)</b>
Lámpara led	20	102
Lámpara led	25	9
Lámpara led	32	135
Lámpara led	36	15
Lámpara fluorescente	40	26
Total lámparas a sustituir		287

En la tabla 38 se observan el tipo y cantidad de lámparas que se proponen sustituir. Los aspectos que se han tenido en cuenta para la sustitución de las lámparas mencionadas anteriormente van de acuerdo con la normativa eléctrica vigente la que dispone utilizar lámparas con diferentes características dependiendo del área específica de trabajo.

Tabla 39  
*Comparación de características del sistema actual y sistema propuesto*

<b>Características</b>	<b>Sistema Actual</b>		<b>Sistema Propuesto</b>		
Modelo	T12	T8	T8	T8	T8
Marca	Varios	Varios	Sylvania	Ledex	Helios
Potencia nominal W	40	20 a 36	18	18	18
Lúmenes	1650	1600	1600	1600	1620
Temperatura de color K	6500	6500	6500	6500	6500
CRI mínimo	85	75	75	75	75
Voltaje	120 – 240	100 – 240	100 – 240	100 – 240	100 – 240
Frecuencia Hz	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60
Factor de potencia	0.90	0.90	0.50	0.90	0.90
Base	G13	G13	G13	G13	G13
Horas de vida mínima	7500	20000	20000	25000	30000
Precio \$			1.89	1.79	2.99

**Fuente:** (Marriott, 2018); (Sylvania, 2016);

En la actualidad el edificio cuenta con 576 lámparas internas de baja potencia, de las cuales 549 son tipo led. Las que se proponen sustituir son 287 lámparas que ya han cumplido su ciclo de vida, por tal motivo no ofrecen garantía de su servicio. Las lámparas que se proponen instalar son marca Ledex T8 de 18 W, temperatura de color 6500 K, lúmenes 1600 LM y horas de vida 25000 h, pues con ellas se lograría disponer de similar iluminación con la ventaja de obtener un consumo menor de energía. La

comparación de características entre las lámparas instaladas en la actualidad y las propuestas se observan en la tabla 39.

### **Evaluación del ahorro energético**

En la tabla 40 se simulan los ahorros que se pueden alcanzar al sustituir las lámparas antiguas por las recomendadas.

Tabla 40

*Evaluación del ahorro energético en la propuesta de sustitución de lámparas*

<b>Sistemas</b>	<b>Consumo energético (kWh/año)</b>	<b>Ahorro energético (%)</b>	<b>Emisiones (kg CO<sub>2</sub>/año)</b>
Medida actual	20857.80	Ninguno	7613.10
Medida propuesta	8435.87	59.56	3079.09

Al implementar esta medida y sustituir las 287 lámparas mencionadas es posible alcanzar un ahorro energético de 12421.93 kWh/año que representa un 59.56% respecto al consumo total de las lámparas del edificio. Esto equivale a reducir 4.53 tCO<sub>2</sub>/año.

### **Evaluación económica**

En la tabla 33 se muestra el ahorro económico, la inversión y el periodo de retorno simple (PRS) que tendría la propuesta presentada. En este análisis se toma en cuenta únicamente la sustitución de las lámparas mencionadas en tabla 41 sin considerar los costos de mano de obra de remplazo de lámparas al final de su vida útil. La Contraloría General del Estado (CGE, 2020) en la tabla de salarios de mano de obra para el 2020 establece el costo de mano de obra por jornada de un electricista en 29.17 \$/día. Para la sustitución de las lámparas antiguas por las sugeridas se estima sería necesario dos electricistas durante dos días, la remuneración por su trabajo se incluye en el apartado de inversión en la evaluación económica.

Tabla 41

*Evaluación económica en la propuesta de sustitución de lámparas*

<b>Sistemas</b>	<b>Costo por energía (\$/año)</b>	<b>Inversión (\$)</b>	<b>PRS (años)</b>
Medida actual	1480.90	Ninguna	Ninguno
Medida propuesta	598.95	680.41	1.13

Al implementar esta medida se estimó alcanzar el ahorro económico de USD 881.96 anuales con una inversión de USD 680.41 por la adquisición de las luminarias y la mano de obra. El periodo de retorno simple muestra que la inversión sería retornada a los 1.13 años, considerando que la vida útil mínima de las lámparas led son de 25000 h, es posible mencionar que si se recupera la inversión.

#### **4.3.2 Instalación de detectores de presencia en sanitarios y zonas de paso**

La instalación de sensores de movimiento es el elemento correcto en la gestión del consumo energético en iluminación, controla el encendido y apagado de forma eficiente con su debida configuración previa. Este dispositivo es ideal para instalar en zonas donde no existe un movimiento constante de personas, sin embargo, es necesario mantenerlas iluminadas como en pasillos, baños, escaleras, oficinas, aulas etc.

Tabla 42

*Comparación de características del sistema actual y sistema propuesto*

<b>Características</b>	<b>Sistema propuesto para baños</b>	<b>Sistema propuesto para pasillos</b>
Modelo	OSSMT-GDW	OSWLR-IOW
Marca	Leviton	Leviton
Tecnología detección	Multi tecnología (PIR y US)	Pasivo infrarrojo
Cobertura (m <sup>2</sup> )	223	111
Tensión nominal (V)	120	120
Ángulo de detección (°)	180	110
Altura de montaje (m)	1.22-2.52	2.43-3.04
Retardo a la desconexión	30s -30min	30s -30min
Precio (\$)	34.38	41.41

**Fuente:** (Leviton, 2020)

En la tabla 42 se observa las características del detector de presencia el cual se propone se instale en zonas específicas del edificio. En las figuras 29 y 31 se observa el campo de los sistemas de sensores que se proponen.

### Ejemplo de planificación de pasillo para la primera planta

Con una altura de montaje de 2.5 metros se puede instalar el sensor o detector de presencia en el techo o pared con la intención de que ningún área quede bloqueada por las paredes. El número de sensores que se propone instalar es de uno por pasillo en cada planta del edificio, pues el alcance de estos es de hasta 30.48 metros.

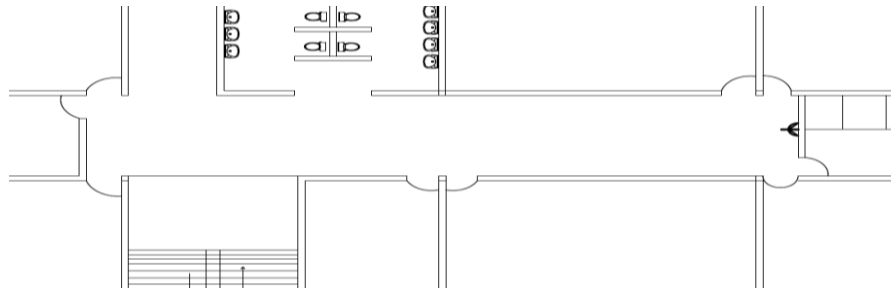


Figura 28. Distribución de sensores en pasillos

En la figura 28 se observa la sugerencia de ubicación de los sensores en las zonas de paso (pasillos). La distribución de espacios en las diferentes plantas del edificio es similar por ese motivo se presentó únicamente este modelo de ejemplo.

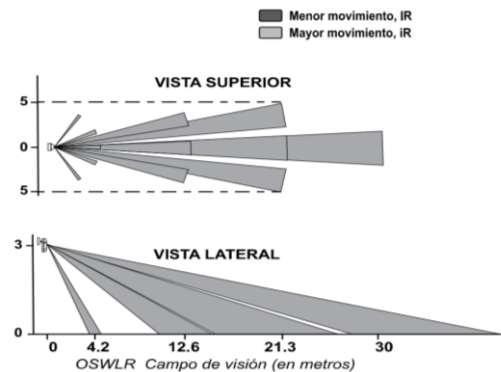
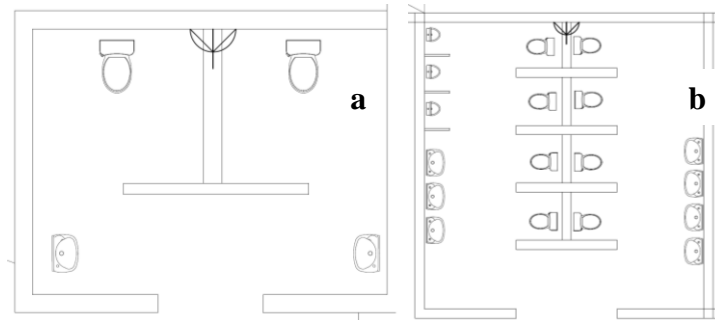


Figura 29. Campo de visión del sensor para pasillos

La figura 29 presenta el campo de visión que dispone el sensor de presencia sugerido para ubicarlos en las zonas de paso. El alcance del sensor en vista lateral es mayor a 30 metros a lo largo y a lo ancho de hasta 5 metros.

### **Ejemplo de planificación de baños de la primera y cuarta planta**

Con una altura de montaje de 2.5 metros y con un ángulo de detección de 180° se puede instalar el sensor o detector de presencia en el techo o pared con la intención de que ningún área quede bloqueada por las paredes. El número de sensores que se propone instalar es de uno por sanitario. Cabe mencionar que se utilizarían tres sensores que se distribuirían en los sanitarios de la planta primera y segunda y en la planta cuarta, pues en la planta tercera los sanitarios se encuentran sin uso. Además, estos sensores propuestos tienen la ventaja que poseen multi-tecnología de detección que consiste en la combinación de infrarrojos y ultrasonido.



*Figura 30.* Distribución de sensores en sanitarios. a) sanitarios planta cuarta, b) sanitarios planta primera y segunda

En la figura 30 se observa los pasillos con la sugerencia de ubicación de los sensores. La distribución de espacios en las diferentes plantas del edificio es similar por ese motivo se presentó únicamente este modelo de ejemplo.



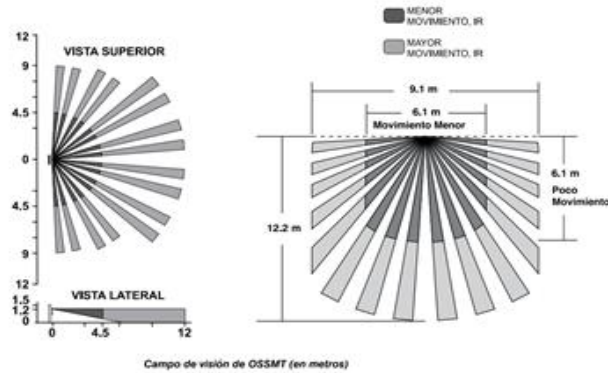


Figura 31. Campo de visión del sensor para sanitarios

La figura 31 presenta el campo de visión que dispone el sensor de presencia sugerido para ubicarlos en los sanitarios.

#### 4.3.3 Propuestas de eficiencia energética simples

En el siguiente apartado se muestran las propuestas en eficiencia energética pasivas que no requieren de una inversión inicial para implementarse. Dada la complejidad de realizar una cuantificación exacta del ahorro de estas medidas, se presentaron únicamente las medidas que mayor impacto generan:

- Incrementar el mantenimiento periódico de las lámparas y luminarias. Se deben realizar al menos una limpieza de luminarias por semestre, esto alargaría la vida útil de las lámparas y reduciría el consumo energético. Además, es necesario reemplazar las luminarias que han sobrepasado su vida útil y siguen funcionando.
- Aprovechar la luz solar. En las horas que exista suficiente iluminación natural es necesario apagar las luces y aprovechar al máximo la luz solar.
- Desarrollar un plan de ahorro energético fundamentado en la corrección de los usos y costumbres actuales e implantación de este. Promover campañas de educación y sensibilización en materia de eficiencia energética.
- Desarrollo de un plan de consumo energético para el uso de dispositivos eléctricos y de equipos que no sea necesario utilizar.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

El inventario de equipos eléctricos presentó las siguientes cargas nominales: 189 equipos informáticos con 35.02 kW, 576 lámparas con 13.47 kW, 26 equipos de servicio con 41.51 kW y 32 equipos de laboratorio con 19.73 kW. La carga nominal total del edificio fue de 109.72 kW, mientras que el consumo estimado de energía ascendió a 55965.78 kWh/año.

El desbalance en las corrientes de línea, el parpadeo o flicker, el factor de potencia y las caídas de tensión en los tomacorrientes no cumplen con los límites establecidos en la Regulación 004/01 del CONELEC. El incumplimiento de los parámetros eléctricos analizados en los periodos de vacaciones y matrículas se debe a la existencia de pérdidas de energía en el cableado eléctrico del edificio debido a su antigüedad. Los armónicos de tensión, el voltaje, la frecuencia y las caídas de tensión en los subtableros, si cumplen con la regulación.

El análisis de cargas conectadas a la red eléctrica del transformador evidenció la necesidad de un transformador de 75 kVA para el edificio FICAYA, pues la demanda de diseño total fue de 61.78 kVA. Las pérdidas de energía a plena carga de los equipos eléctricos y/o electrónicos son de 11734.55 kWh/año. El consumo mensual de energía del edificio a plena carga es de 35797.68 kWh/mes, este valor representa el 38.80% del consumo de energía total del campus UTN.

La huella de carbono por concepto de consumo de energía eléctrica en el edificio FICAYA es de 20.43 tCO<sub>2</sub>/año, este valor representa el 4.56% de las emisiones de carbono de la UTN. La huella de carbono por estudiante en el edificio FICAYA es de

0.02 tCO<sub>2</sub>/año. A plena carga los equipos eléctricos y/o electrónicos la huella de carbono es de 156.79 tCO<sub>2</sub>/año.

La sustitución de 287 lámparas actuales por lámparas LED T8 de 18 W de mayor eficiencia energética tendrían un ahorro energético de 12421.93 kWh/año que equivale a reducir 4.53 tCO<sub>2</sub>/año y un ahorro económico de 881.96 USD/año.

## **5.2 Recomendaciones**

Para garantizar el continuo servicio de energía eléctrica bajo los estándares de calidad que el CONELEC ha normado en la regulación 004-01 se debe realizar estudios y diseños eléctricos detallados para los nuevos proyectos que la UTN desee realizar en la edificación. Instalar un banco de condensadores para corregir el factor de potencia el cual se encuentra en un nivel bajo en la edificación aumentando de esta manera la vida útil de los equipos, la disminución del consumo eléctrico y la huella de carbono. Además, que se garantizará en el futuro que las instalaciones eléctricas no se deterioren y se evitará posibles sanciones por parte de la Empresa Emelnorte.

Implementar reguladores de tensión u onduladores en las redes de iluminación para controlar los parpadeos o flicker de voltaje que son los causantes de la afectación a los sistemas de iluminación y por ende a sus usuarios.

Realizar el balanceo de cargas en las líneas para corregir las corrientes que circulan por el neutro. Para cargas no lineales significativas instalar conductores neutros de mayor capacidad. Implementar un transformador de 75 kVA únicamente para el edificio FICAYA e implementar un contador de consumo de energía eléctrica. Implantar una línea desde el transformador específicamente para los equipos de laboratorio ubicados en la quinta planta.

Realizar la sustitución de las lámparas actuales por lámparas LED sugeridas en esta investigación. Implementar un sistema de control de iluminación sugerida en esta investigación para reducir la cantidad de consumo energético innecesario y así disminuir las emisiones de dióxido de carbono del edificio. Adquirir equipos eléctricos y/o electrónicos nuevos teniendo en cuenta su calificación energética.

## REFERENCIAS

- Alshuwaikhat, H. M. y Abubakar, I. (2008). An integrated approach to achieving campus sustainability: assessment of the current campus environmental management practices. *Journal of Cleaner Production*, 16, 1777-1785. doi:10.1016/j.jclepro.2007.12.002
- Andalucía Ecología (2017). *Ahorro y eficiencia energética en Andalucía*. Recuperado de <https://www.andaluciaecologica.com/eficiencia-energetica/>
- ARCONEL (2018). *Atlas del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2017*. Quito-Ecuador, septiembre 2018
- ARCONEL (2018). *Manual para la recopilación de la información del sector eléctrico a través del sistema SISDAT (Sistematización de datos del sector eléctrico)*. Recuperado de <https://www.regulacioneolica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/06/Anexo-5.-Manual-SISDAT-Participantes.pdf>
- Asociación Española para la Calidad (2019). *AEC, Norma PAS 2050*. Recuperado de <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/norma-pas-2050>
- Báez, D. (2019). *Auditoria eléctrica en el campus universitario UTN*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador
- Benalcázar, N. y Hinojosa, S. (2015). *Auditoria energética y diseño para la implementación de un generador eléctrico a combustión interna con transferencia automática para el “GAD” Municipal del Cantón Otavalo*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador
- Cárdenas, F. y Marcillo, D. (2012). *Auditoria Energética del Campus Sur de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito*. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Quito, Ecuador.
- Cela, C. (2015). *Evaluación energética en el edificio de relación con el medio externo y modelación de guía para auditoria energética en edificios universitarios*. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

- CIRCUTOR S.A. (2015). *¿Qué es el factor de potencia?* Recuperado de <http://circuitor.es/es/formacion/energia-reactiva/que-es-el-factor-de-potencia>
- CIRCUTOR S.A. (2017). *Armónicos: Problemática actual y su solución.* Recuperado de <http://circuitor.es/es/productos/destacados/4194-armonicos-problematica-actual-y-su-solucion>
- CONELEC (2001). Regulación N° CONELEC-004/01. *Calidad del servicio eléctrico de distribución.* 5-9
- Consuegra, F., Oteiza, I., Alonso, C., Cuervo, T. y Frutos, B. (2014). Análisis y propuesta de mejoras para la eficiencia energética del edificio principal del Instituto c.c. Eduardo Torroja-CSIC. *Informes de la Construcción*, 66(536): eo43, doi: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.14.125>.
- Contraloría General del Estado (CGE, 2020). *Salarios de mano de obra enero 2020.* Recuperado de <https://www.contraloria.gob.ec/Informativo/SalariosManoObra>
- CRE (2017). Cooperativa Rural de Electrificación. *Manual de Eficiencia Energética.* Recuperado de <http://www.cre.com.bo/webcre/hogar/pdf/ManualdeEficiencia.pdf>
- Delta (2015). Automatización industrial, robótica e industria 4.0. Kmedidor de potencia de Delta DPM-C530A. Recuperado de <https://www.infopl.net/noticias/item/102405-medidor-potencia-delta-dpm-c530a>
- Delta (2016). Medidor de potencia multifuncional DPM\_C530A. *Manual de usuario*, 70-71
- Escobar, G., Saludes, D. y Toledo, J. (2003). *Manual de auditorías energéticas.* AEDIE, Asociación para la Investigación y Diagnóstico de la Energía – Imprenta modelo S.L.-Madrid
- Etaelectro (s.f.). Analizador de redes eléctricas portable: *MI-2792 Power Q4 Plus*, 1-4
- Figueroa, E. (2015). *Auditoria energética de los edificios administrativo y docente de la facultad de ingeniería civil y mecánica de la Universidad Técnica de Ambato,*

*para disminuir el consumo de energía eléctrica.* Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

- Fluke Corporation (2006, 24 de abril). Conceptos básicos de los multímetros digitales: Explicación de las características y funciones del multímetro. *Fluke Education Partnership Program*. Recuperado de [https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos\\_y\\_documentos/5159/13155-spa-w.pdf](https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/5159/13155-spa-w.pdf)
- GAD-I (2018). Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra. *Información general del Cantón Ibarra*. Recuperado de <https://www.ibarra.gob.ec/web/index.php/ibarra1234/informacion-general>
- García Sanz-Calcedo, J., Cuadros, F. y López, F. (2011). La auditoría energética: una herramienta de gestión en atención primaria. *Gac Sanitt*, 25(6), 549-551. doi:10.1016/j.gaceta.2011.04.007
- García, J. (2012, julio). Energía 3.0, un modelo de energía sostenible para todos. *Crítica*. Recuperado de <http://www.revista-critica.com/la-revista/monografico/enfoque/289-energia-3-0-un-modelo-de-energia-sostenible-para-todos>
- Gómez, S. (2016). *Auditoría energética y propuestas de mejora de la eficiencia en una empresa de maquinaria agrícola*. Universidad de Sevilla, Sevilla, España.
- Guillén, V., Quesada, F., López, M., Orellana, D., y Serrano, A. (2015). Eficiencia energética en edificaciones residenciales. *Estoa, Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, 4(7), 63-72. doi:10.18537/est.v004.n007.07
- IEA (2018, noviembre). Internacional Energy Agency. *CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion*. Recuperado de [https://webstore.iea.org/download/direct/2373?fileName=CO2\\_Emissions\\_from\\_Fuel\\_Combustion\\_2018\\_Highlights.pdf](https://webstore.iea.org/download/direct/2373?fileName=CO2_Emissions_from_Fuel_Combustion_2018_Highlights.pdf)
- Ihobe S.A., (2013, marzo). Sociedad Pública de Gestión Ambiental. *7 Metodologías para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero*. Recuperado de

[http://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/7metodologias\\_gei/es\\_def/adjuntos/7METODOLOGIAS.pdf](http://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/7metodologias_gei/es_def/adjuntos/7METODOLOGIAS.pdf)

- INEC (2010). Instituto Nacional de Estadística y Censos. *Censo de Población y Vivienda*.
- IPCC (2006). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Programme*, IGES, Tokio, Japón
- Jacob, S., Strack, J., Branda, J., y Suárez, J. (2012). Evaluación del consumo energético en el sector residencial del Mar de la Plata. Propuestas de ahorro y eficiencia energética. *Asades, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol.16. ISSN 0329-5184
- Leviton Manufacturing (2020). *Catálogo sensores de presencia*. Obtenido de <http://catalogs.leviton.com/Sensors-Spanish/1/>
- Ley Orgánica de Eficiencia Energética (2019). *Asamblea Nacional Republica del Ecuador*. Recuperado de <https://www.recursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/Ley-Eficiencia-Energe%CC%81tica.pdf>
- López, J. y Esparza, M. (2003). Analizador de redes eléctricas. *Conciencia Tecnológica*, (22)
- Marriott (2018). *Catálogo LEDEX 2019*. Recuperado de [https://issuu.com/marriott\\_ecuador/docs/ledex2019\\_](https://issuu.com/marriott_ecuador/docs/ledex2019_)
- Melgosa, S. (2011). Guía de la termografía infrarroja: Aplicaciones en ahorro y eficiencia energética. *Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid*. Recuperado de <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-de-la-Termografia-Infrarroja-fenercom-2011.pdf>
- Ministerio del Ambiente (2013). Factor de emisión de CO<sub>2</sub> del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador. Quito-Ecuador, 2013
- Morales, M., González, O., Seefoó, C. y Morillón, D. (2016). Auditoria energética a edificaciones de la Universidad Nacional Autónoma de México: Instituto de energías renovables. *ASADES*, (4), 07.41-07.50.



- Morente, C. (s.f.). *Manual de sistemas de iluminación*. Recuperado de <https://grlum.dpe.upc.edu/manual/sistemasIluminacion-luminarias-componentes.php>
- Morote, J., y Ovacen (2017). *Auditorías energéticas. Definición, ámbito de actuación*. Recuperado de <https://ovacen.com/auditorias-energeticas-definicion-ambito-actuacion-normativa/>
- Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura and H. Zhang, 2013: Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- PLANEE (2016). Plan Nacional de Eficiencia Energética del Ecuador. *Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035*. Recuperado de <https://www.celec.gob.ec/hidronacion/images/stories/pdf/PLANEE%20version%20espa%C3%B1ol.pdf>
- Prefectura de Imbabura (2017). *Datos generales de la provincia de Imbabura*. Recuperado de <http://www.imbabura.gob.ec/imbabura/datos-generales.html>
- Recalde, E. y Tulcán, E. (2015). *Auditoria energética en el campus de la Universidad Técnica del Norte, ubicado en la ciudadela El Olivo, entre la panamericana norte y la avenida 17 de Julio e implementación de un tablero didáctico para el laboratorio de la carrera de ingeniería en mantenimiento eléctrico*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Saavedra, N., Masís, G. y Ardila, G. (2010). *Diagnóstico energético en el centro de salud Leonel Rugama, Estelí, Nicaragua*. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- Suárez, Juan A, di Mauro, Guillermo F, Anaut, Daniel O, & Agüero, Carlos. (2010). *Parámetros que Afectan la Corriente de Neutro en Presencia de Armónicos*.

*Información tecnológica*, 21(1), 77-89. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642010000100012>

- Sylvania (2016). *Iluminación Led de alta calidad y rendimiento*. Recuperado de <http://www.sylvania.com.ec/>
- Universidad Técnica del Norte (2015). La UTN, Quienes Somos. *Nuestro Campus*. Recuperado de [https://www.utn.edu.ec/web/uniportal/?page\\_id=2015](https://www.utn.edu.ec/web/uniportal/?page_id=2015).

## ANEXOS



Anexo 1. Instalación del analizador de red en la primera medición



Anexo 2. Instalación del analizador de red en la segunda medición



Anexo 3. Instalación del analizador de red en la tercera medición

SEEG  
Comercial  
Energía

HISTORIA DE FACTURACIONES

EMELNORTE  
Fecha: 08/01/16  
Pag.: 1

<FIHSG>

Suministro: 102246-6      Nombre: UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE

Dirección: EL OLIVO N° y CIUDADELA UNIVERSITA      Barrio(o Urb. o Edif.):  
 Provincia: 10      Cantón: 1      Parroquia: 3

Meses Mora: 1      Tipo Reparto: 6      Plan: 92      Geocódigo: 98-06-609-0070  
 Tarifa: 544      Medidor: T45836-ABB      Factor: 100.0

Fecha Facturación	Consumo Activa	Consumo Reactiva	Factor Potencia	Demanda Leída	Demanda Facturada	Valor Factura	Saldo Anterior	Total a Pagar	Estado Factura
28/12/18	87600	12200	0.99		262	7.388.48	0.00	7.388.48	Impaga
28/11/18	95800	12700	0.99		281	6.006.38	0.00	6.006.38	Pagada
28/10/18	89000	12300	0.99		262	7.390.54	0.00	7.408.16	Pagada
27/09/18	72700	11300	0.99		218	6.928.95	15.560.47	21.519.13	Pagada
28/08/18	77000	11700	0.99		203	6.207.47	15.560.47	21.787.94	Pagada
26/07/18	108700	13600	0.99		273	8.922.58	15.560.47	24.483.05	Pagada
26/06/18	105700	12200	0.99		276	8.797.63	24.192.38	32.990.01	Pagada
29/05/18	108900	15700	0.98		296	6.917.60	24.192.38	33.109.98	Pagada
29/04/18	85100	11800	0.99		267	7.089.14	24.192.38	31.281.52	Pagada
29/03/18	81000	12000	0.98		212	6.423.86	24.192.38	30.816.24	Pagada
26/02/18	80200	10800	0.99		269	6.559.64	24.192.38	30.852.02	Pagada
30/01/18	115500	16500	0.99		277	9.152.83	30.949.72	40.102.55	Pagada
28/12/17	81400	10800	0.99		286	6.787.34	24.192.38	30.949.72	Pagada
28/11/17	104300	14000	0.99		289	8.339.16	32.102.77	40.441.93	Pagada
27/10/17	98700	13700	0.98		266	7.910.39	24.192.38	32.102.77	Pagada
26/09/17	75400	12000	0.99		213	5.962.96	30.836.33	36.899.29	Pagada
30/08/17	85900	17600	0.98		237	6.743.95	24.192.38	30.836.33	Pagada
30/07/17	98200	15500	0.99		281	7.995.50	24.192.38	32.157.88	Pagada
29/06/17	110041	17558	0.99		276	8.855.12	24.192.38	33.047.50	Pagada
30/05/17	89300	16200	0.98		277	7.314.18	24.192.38	40.307.37	Pagada
26/04/17	101300	16000	0.99		227	7.856.23	24.192.38	31.506.56	Pagada
29/03/17	94400	13200	0.99		231	7.493.31	24.192.38	32.048.61	Pagada
23/02/17	98400	13700	0.99		294	7.916.02	31.991.09	31.885.69	Pagada
28/01/17	98400	13700	0.99		294	7.916.02	31.991.09	39.907.11	Pagada

Anexo 4. Factura de consumo UTN

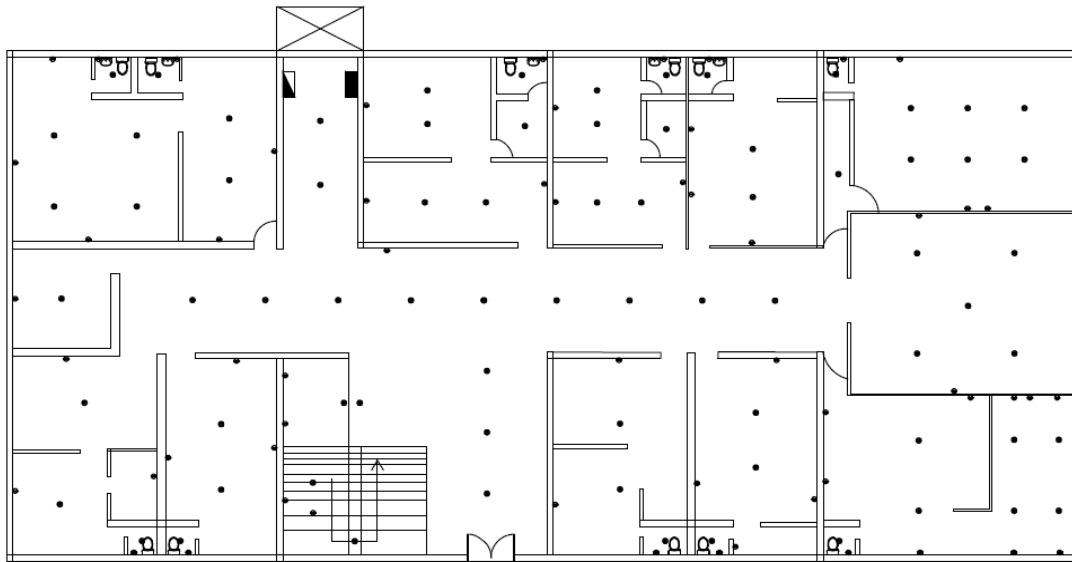


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**VICERRECTORADO ACADÉMICO**  
**CALENDARIO ACADÉMICO 2018-2019**  
**Carreras Presenciales y Semipresenciales**

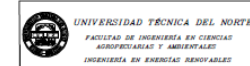
PERÍODO ACADÉMICO	SEPTIEMBRE 2018	OCTUBRE 2018	MATRÍCULAS:																																																																																				
<b>OCTUBRE 2018 – FEBRERO 2019</b> 09 octubre 2018 al 24 febrero 2019 Inicio actividades administrativas: 03 de septiembre Fundación Ibarra: 28 de septiembre	<table border="1"> <thead> <tr><th>L</th><th>M</th><th>M</th><th>J</th><th>V</th><th>S</th><th>D</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1 2</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr> <tr><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td></tr> <tr><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td></tr> <tr><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td></tr> </tbody> </table>	L	M	M	J	V	S	D							1 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	<table border="1"> <thead> <tr><th>L</th><th>M</th><th>M</th><th>J</th><th>V</th><th>S</th><th>D</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td></tr> <tr><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td></tr> <tr><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td></tr> <tr><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	L	M	M	J	V	S	D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31					Ordinarias: 17 al 30 septiembre Extraordinarias: 01 al 07 octubre Especiales: 09 al 14 de octubre
L	M	M	J	V	S	D																																																																																	
						1 2																																																																																	
3	4	5	6	7	8	9																																																																																	
10	11	12	13	14	15	16																																																																																	
17	18	19	20	21	22	23																																																																																	
24	25	26	27	28	29	30																																																																																	
L	M	M	J	V	S	D																																																																																	
1	2	3	4	5	6	7																																																																																	
8	9	10	11	12	13	14																																																																																	
15	16	17	18	19	20	21																																																																																	
22	23	24	25	26	27	28																																																																																	
29	30	31																																																																																					
			<b>Inicio de clases: 09 de octubre</b> <b>Independencia de Guayaquil: 09 de octubre (feriado 8)</b>																																																																																				
<b>Día de los Difuntos:</b> 02 de noviembre <b>Independencia de Cuenca:</b> 03 de noviembre	<table border="1"> <thead> <tr><th>L</th><th>M</th><th>M</th><th>J</th><th>V</th><th>S</th><th>D</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td></tr> <tr><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td></tr> <tr><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td></tr> <tr><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>1</td><td></td></tr> </tbody> </table>	L	M	M	J	V	S	D				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1		<table border="1"> <thead> <tr><th>L</th><th>M</th><th>M</th><th>J</th><th>V</th><th>S</th><th>D</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1 2</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr> <tr><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td></tr> <tr><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td></tr> <tr><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td></tr> </tbody> </table>	L	M	M	J	V	S	D							1 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	<b>Evaluaciones y Asentamiento notas</b> <b>Primer Bimestre:</b> 03 al 09 de diciembre <b>Navato Universitario:</b> 20 al 22 de diciembre <b>Vacaciones por Festividades de Navidad y fin de año</b> 24 de diciembre 2018 al 01 enero 2019
L	M	M	J	V	S	D																																																																																	
			1	2	3	4																																																																																	
5	6	7	8	9	10	11																																																																																	
12	13	14	15	16	17	18																																																																																	
19	20	21	22	23	24	25																																																																																	
26	27	28	29	30	1																																																																																		
L	M	M	J	V	S	D																																																																																	
						1 2																																																																																	
3	4	5	6	7	8	9																																																																																	
10	11	12	13	14	15	16																																																																																	
17	18	19	20	21	22	23																																																																																	
24	25	26	27	28	29	30																																																																																	
<b>Año Nueva:</b> 01 de enero 2019 <b>Evaluación Desempeño Docente:</b> 21 al 27 de enero	<table border="1"> <thead> <tr><th>L</th><th>M</th><th>M</th><th>J</th><th>V</th><th>S</th><th>D</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td></tr> <tr><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td></tr> <tr><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td></tr> <tr><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	L	M	M	J	V	S	D		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31				<table border="1"> <thead> <tr><th>L</th><th>M</th><th>M</th><th>J</th><th>V</th><th>S</th><th>D</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td></tr> <tr><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td></tr> <tr><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td></tr> <tr><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	L	M	M	J	V	S	D					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28				<b>Evaluaciones y Asentamiento notas</b> <b>Segundo Bimestre:</b> 11 al 17 de febrero 2019 <b>Evaluaciones y asentamiento de notas Supletorios:</b> 18 al 24 febrero 2019
L	M	M	J	V	S	D																																																																																	
	1	2	3	4	5	6																																																																																	
7	8	9	10	11	12	13																																																																																	
14	15	16	17	18	19	20																																																																																	
21	22	23	24	25	26	27																																																																																	
28	29	30	31																																																																																				
L	M	M	J	V	S	D																																																																																	
				1	2	3																																																																																	
4	5	6	7	8	9	10																																																																																	
11	12	13	14	15	16	17																																																																																	
18	19	20	21	22	23	24																																																																																	
25	26	27	28																																																																																				
<b>PERÍODO ACADÉMICO</b> <b>ABRIL 2019 - AGOSTO 2019</b> 01 de abril al 11 de agosto 2019 <b>MATRÍCULAS:</b> Ordinarias: 11 al 24 marzo Extraordinarias: 25 al 31 marzo Especiales: 01 al 07 de abril <b>Carnaval:</b> 4 y 5 de marzo	<table border="1"> <thead> <tr><th>L</th><th>M</th><th>M</th><th>J</th><th>V</th><th>S</th><th>D</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1 2 3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td></tr> <tr><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td></tr> <tr><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td></tr> <tr><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>31</td></tr> </tbody> </table>	L	M	M	J	V	S	D							1 2 3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	<table border="1"> <thead> <tr><th>L</th><th>M</th><th>M</th><th>J</th><th>V</th><th>S</th><th>D</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td></tr> <tr><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td></tr> <tr><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td></tr> <tr><td>29</td><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	L	M	M	J	V	S	D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30						<b>Inicio de clases: 01 de abril</b>  <b>Viernes Santo:</b> 19 de abril
L	M	M	J	V	S	D																																																																																	
						1 2 3																																																																																	
4	5	6	7	8	9	10																																																																																	
11	12	13	14	15	16	17																																																																																	
18	19	20	21	22	23	24																																																																																	
25	26	27	28	29	30	31																																																																																	
L	M	M	J	V	S	D																																																																																	
1	2	3	4	5	6	7																																																																																	
8	9	10	11	12	13	14																																																																																	
15	16	17	18	19	20	21																																																																																	
22	23	24	25	26	27	28																																																																																	
29	30																																																																																						
<b>Evaluaciones y Asentamiento notas Primer Bimestre:</b> 27 de mayo al 02 de junio <b>Día del Trabajador:</b> 1 de mayo <b>Batalla de Pichincha:</b> 24 de mayo	<table border="1"> <thead> <tr><th>L</th><th>M</th><th>M</th><th>J</th><th>V</th><th>S</th><th>D</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr> <tr><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td></tr> <tr><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td></tr> <tr><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	L	M	M	J	V	S	D			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			<table border="1"> <thead> <tr><th>L</th><th>M</th><th>M</th><th>J</th><th>V</th><th>S</th><th>D</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr> <tr><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td></tr> <tr><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td></tr> <tr><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td></tr> </tbody> </table>	L	M	M	J	V	S	D						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	<b>Provincialización de Imbabura:</b> 25 de Junio
L	M	M	J	V	S	D																																																																																	
		1	2	3	4	5																																																																																	
6	7	8	9	10	11	12																																																																																	
13	14	15	16	17	18	19																																																																																	
20	21	22	23	24	25	26																																																																																	
27	28	29	30	31																																																																																			
L	M	M	J	V	S	D																																																																																	
					1	2																																																																																	
3	4	5	6	7	8	9																																																																																	
10	11	12	13	14	15	16																																																																																	
17	18	19	20	21	22	23																																																																																	
24	25	26	27	28	29	30																																																																																	
<b>Evaluación Desempeño Docente:</b> 08 al 14 de julio <b>Evaluaciones y Asentamiento notas Segundo Bimestre:</b> 29 de julio al 04 de agosto <b>Evaluaciones y asentamiento notas Supletorios:</b> 05 al 11 de agosto <b>Fiestas Universitarias:</b> 18 de Julio	<table border="1"> <thead> <tr><th>L</th><th>M</th><th>M</th><th>J</th><th>V</th><th>S</th><th>D</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td></tr> <tr><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td></tr> <tr><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td></tr> <tr><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	L	M	M	J	V	S	D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31					<table border="1"> <thead> <tr><th>L</th><th>M</th><th>M</th><th>J</th><th>V</th><th>S</th><th>D</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td></tr> <tr><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td></tr> <tr><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td></tr> <tr><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td></td></tr> </tbody> </table>	L	M	M	J	V	S	D				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		<b>Primer Grito de Independencia:</b> 10 de agosto <b>Jornadas Curriculares:</b> 09 al 13 de septiembre <b>Elaborado por:</b> Vice Académico <b>Aprobado por:</b> HCU 04-08-2017
L	M	M	J	V	S	D																																																																																	
1	2	3	4	5	6	7																																																																																	
8	9	10	11	12	13	14																																																																																	
15	16	17	18	19	20	21																																																																																	
22	23	24	25	26	27	28																																																																																	
29	30	31																																																																																					
L	M	M	J	V	S	D																																																																																	
			1	2	3	4																																																																																	
5	6	7	8	9	10	11																																																																																	
12	13	14	15	16	17	18																																																																																	
19	20	21	22	23	24	25																																																																																	
26	27	28	29	30	31																																																																																		
Nomeclatura	Inicio de clases	Días feriados	Asentamiento notas	Periodo de matrículas																																																																																			

Anexo 5. Diagrama de implementación planta baja

# EDIFICIO FACULTAD INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES



PLANTA BAJA







CONTIENE:  
EDIFICIO FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

PROYECTO:  
CRISTIAN DAVID PARINANDO ESTEVEZ

ARTISTA:  
ING. JUAN GUAMÁN

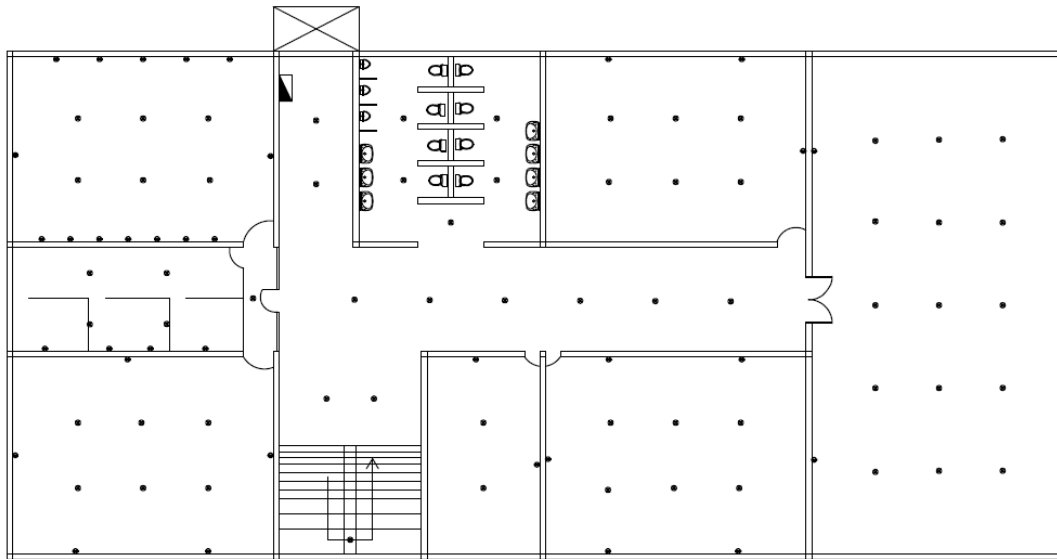
ESCALA: SIN      HOJA: 1/5

FECHA:  
OCTUBRE DE 2019

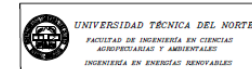
- LEYENDA:
-  CENTRO DE CARGA
  -  TABLERO GENERAL
  -  LÁMPARA
  -  TOMACORRIENTE

Anexo 6. Diagrama de implementación planta baja

# EDIFICIO FACULTAD INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES



PRIMERA PLANTA



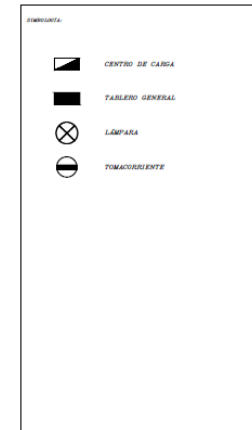
CURSIVO:  
EDIFICIO FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

AUTORE:  
CRISTIAN DAVID FARIANANDO ESTÉVEZ

PROFESOR:  
ING. JEAN GUAMÁN

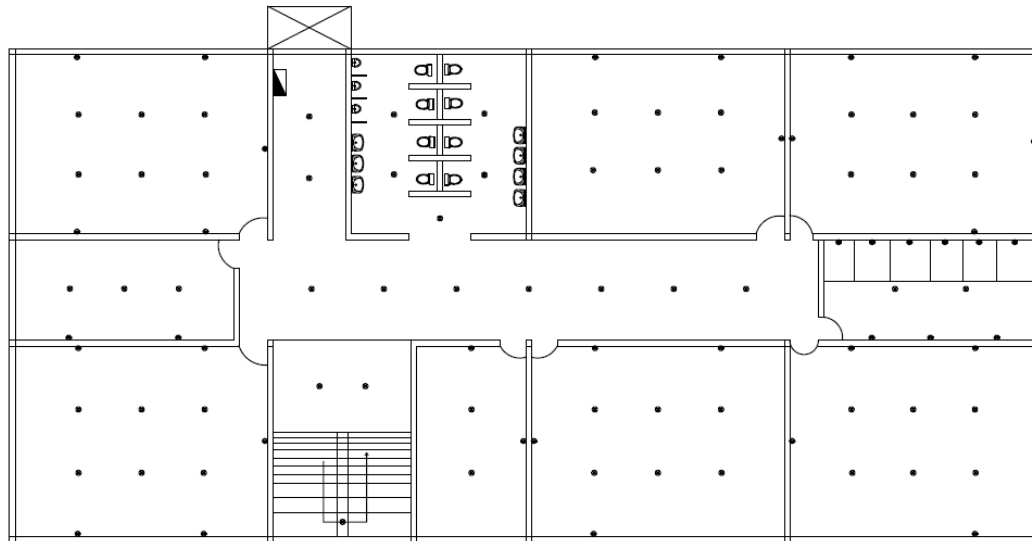
ESCALA: SIN      HOJA: 2/5

FECHA:  
OCTUBRE DE 2019



Anexo 7. Diagrama de implementación primera planta

# EDIFICIO FACULTAD INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES



## SEGUNDA PLANTA



CONTIENE:  
EDIFICIO FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

DISEÑO:  
CRISTIAN DAVID FARINANDO ESTÉVEZ

PROYECTO:  
INC. JUAN GUAMÁN

ESCALA: SIN      HOJA: 2/5

FECHA:  
OCTUBRE DE 2019

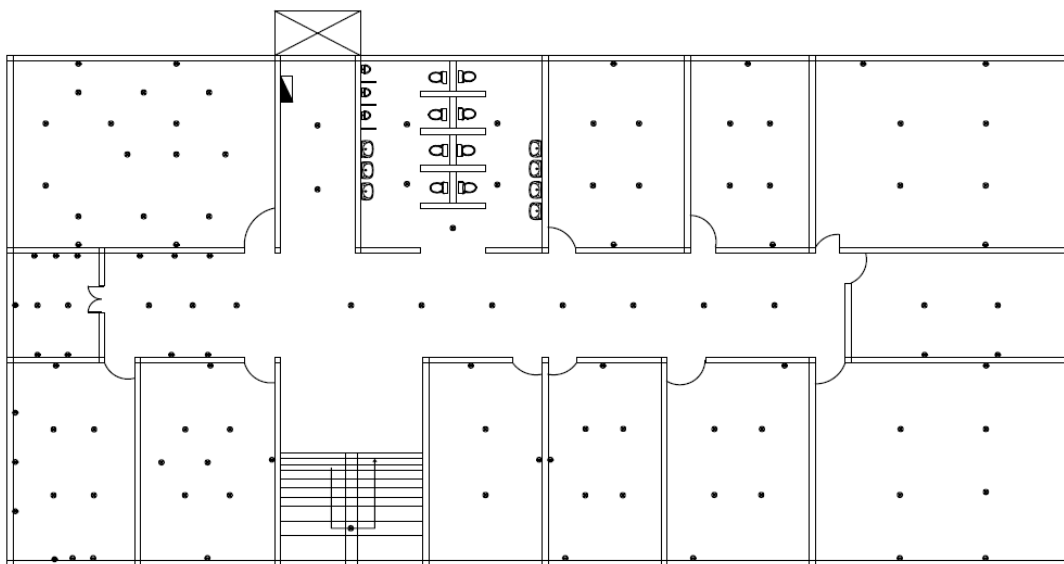
LEYENDA:

- CENTRO DE CARGA
- TABLERO GENERAL
- LÁMPARA
- TOMACORRIENTE

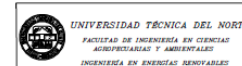
Anexo 8. Diagrama de implementación segunda planta



# EDIFICIO FACULTAD INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES



TERCERA PLANTA



CONTIENE:  
EDIFICIO FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES





DISEÑO:  
CRISTIAN DAVID FARINANGO ESTÉVEZ

PROYECTO:  
INC. JUAN COTAMÉN

ESCALA: SIN  
HOJA: 3/5

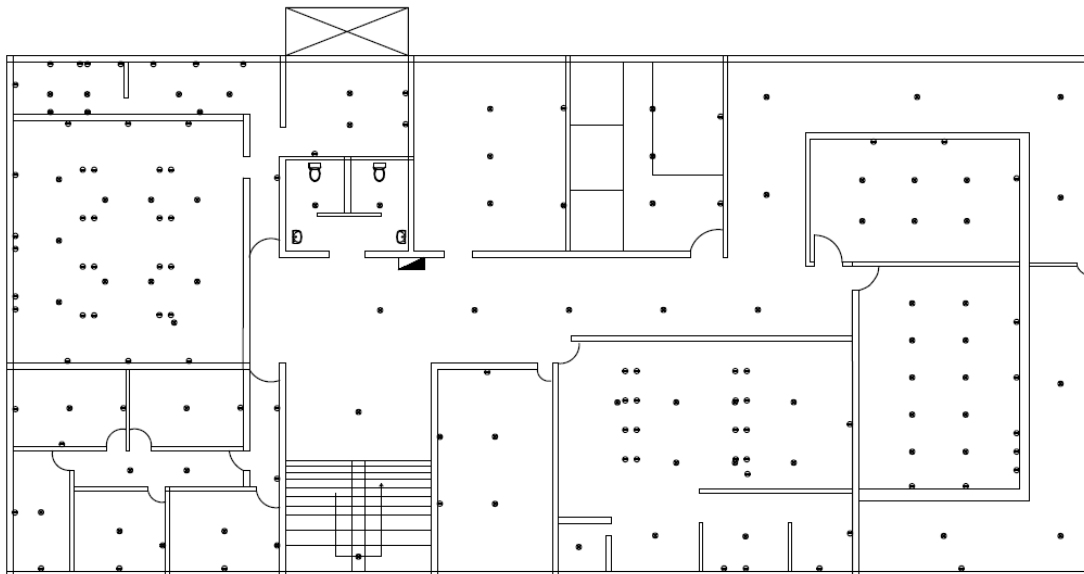
FECHA:  
OCTUBRE DE 2010

LEYENDA:

-  CENTRO DE CARGA
-  TABLERO GENERAL
-  LAMPARA
-  TOMACORRIENTE

Anexo 9. Diagrama de implementación tercera planta

*EDIFICIO FACULTAD INGENIERIA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES*



*CUARTA PLANTA*



CONTENIDO:  
EDIFICIO FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES





AUTORE:  
CRISTIAN DAVID FARRINANO ESTEVEZ

REVISOR:  
ING. JUAN GUAMAN

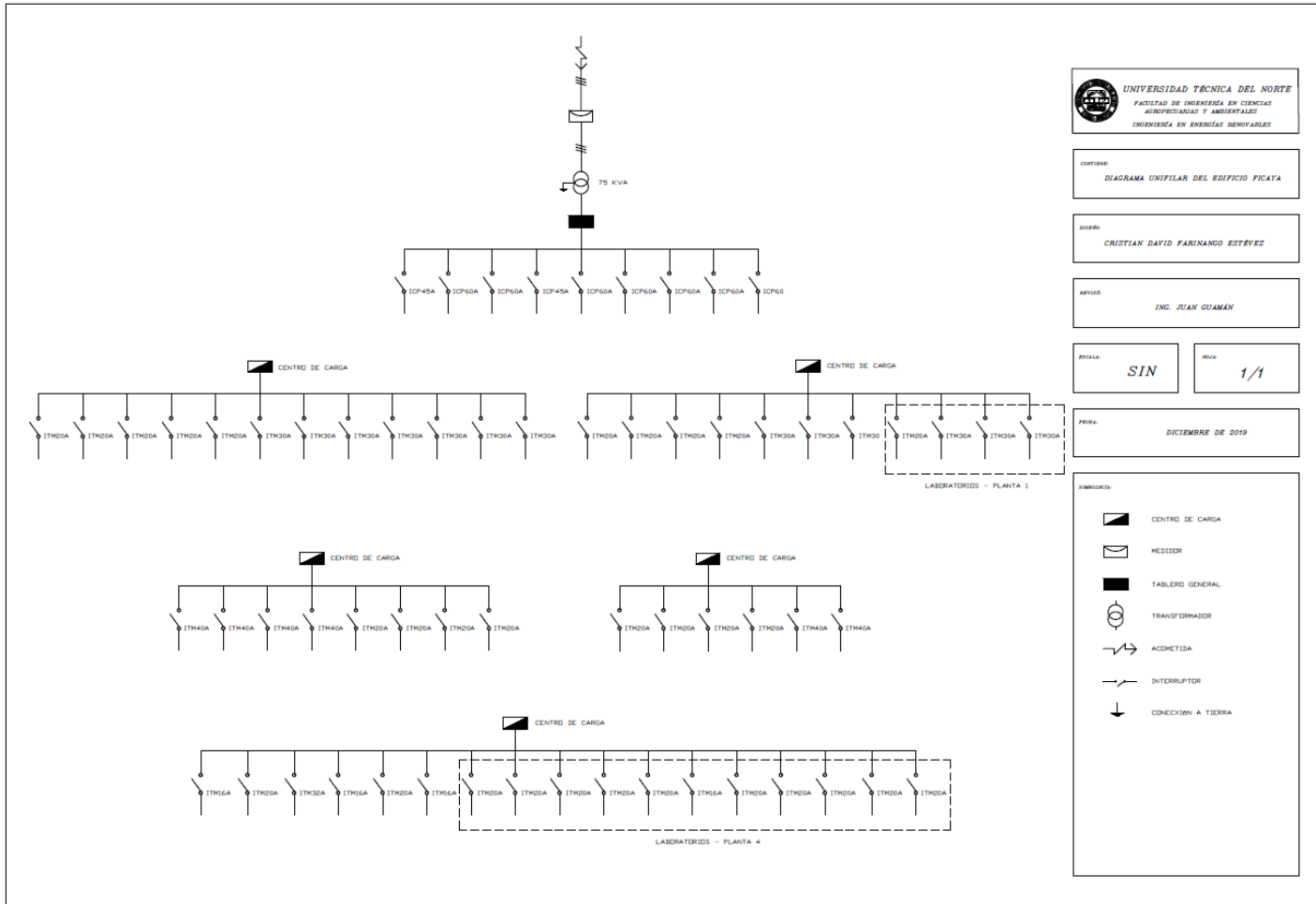
ESCALA: SIN      HOJA: 4/5

FECHA:  
OCTUBRE DE 2010

LEYENDA:

-  CENTRO DE CARGA
-  TABLERO GENERAL
-  LAMPARA
-  TOMACORRIENTE

Anexo 10. Diagrama de implementación cuarta planta



Anexo II. Diagrama unifilar de la instalación



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES  
 CARRERA DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLE  
 AUDITORIA ENERGÉTICA



EVALUADOR(A):	DAVID FARINANGO	FECHA:	09/01/2019	PLANTA:	PB
EQUIPO	FOTOGRAFÍA	CANTIDAD	TIPO/MODELO	POTENCIA	POTENCIA TOTAL
AGUA		1	INSTANTEMATIC	200,00	200,00
CAFETERA		1	BLACKDECKER	950,00	950,00
CAFETERA		1	KALLEY	950,00	950,00
CAFETERA		1	HOMETECH	950,00	950,00
CAFETERA		1	OSTER	950,00	950,00
CAFETERA		1	UMNCO	1.000,00	1.000,00
CÁMARA IP		1	POLESTAR	5,00	5,00
COMPUTADORA		6	HP PAVILION 20	120,00	720,00
COMPUTADORA		1	HP COMPAQ PRO-4300	150,00	150,00
COMPUTADORA		1	G1 ALL IN ONE	90,00	90,00
COPIADORA		1	RICOH ATICIO MP 8001	1.095,00	1.095,00
COMPUTADOR		1	DIKTO	190,00	190,00
COMPUTADOR		1	LG XTECH	600,00	600,00
COMPUTADOR		1	SAMSUNG DIKTO	600,00	600,00
COMPUTADOR		1	ACER VERITON	250,00	250,00
COMPUTADOR		1	LG COLORSIT	300,00	300,00
COMPUTADOR		1	CPU	250,00	250,00
COMPUTADOR		2	LG	300,00	600,00
ESCÁNER		1	DOCUMATE 5460	300,00	300,00

ESCÁNER		1	EPSON ES 400	200,00	200,00
FOCOS AHORRADORES		1	SILVANIA	20,00	20,00
FOCOS AHORRADORES		1	SYLVANA	25,00	25,00
IMPRESORA		1	LEXMARK MS415DN	560,00	560,00
IMPRESORA		1	EPSON L220	460,00	460,00
IMPRESORA		2	HP LASER JET 1022	450,00	900,00
IMPRESORA		1	HP LASER JET P1505	450,00	450,00
IMPRESORA		1	EPSON ENFOCUS	500,00	500,00
IMPRESORA		1	EPSON L355	350,00	350,00
IMPRESORA		1	EPSON L380	400,00	400,00
IMPRESORA		1	EPSON L555	600,00	600,00
LAPTOPS		12	VARIOS	45,00	540,00
LUMINARIA FLUORESCENTE		2	SYLVANIA	40,00	80,00
LUMINARIA LED		33	LEDEX	18,00	594,00
LUMINARIA LED		14	EXILED	18,00	252,00
LUMINARIA LED		9	FTK	25,00	225,00
LUMINARIA LED		53	SYLVANIA	32,00	1.696,00
LUMINARIA LED		8	OSRAM	32,00	256,00
MICROONDAS		1	SIMPLEY	700,00	700,00
MICROONDAS		1	LG	700,00	700,00
MONITOR		1	LG FLATRON L177WSB	23,00	23,00
MONITOR		1	SAMSUNG B2030N	25,00	25,00
MONITOR		1	ACER K22HQL	20,00	20,00
MONITOR		1	LG FLATRON NW19425	18,00	18,00
MONITOR		1	SAMSUNG 732N PLUS	25,00	25,00
MONITOR		2	VARIOS	20,00	40,00

MONITOR		1	SAMSUNG 9435NXPLUS	18,00	18,00
PROYECTOR		1	EPSON	500,00	500,00
REFRIGERADOR VITRINA		1	N/E	550,00	550,00
REFRIGERADORA		1	INDURAMA	600,00	600,00
RÚTER		1	CISCO	6,00	6,00
SENSOR DE MOVIMIENTO		1	N/E	0,50	0,50
TELÉFONO		9	YEALINK SIP T26P	2,70	24,30
TOMACORRIENTE		11	VARIOS		
OBSERVACIONES					
1 foco ahorrador OSRAM de 20W no funciona					
2 luminarias fluorescentes PHILLIPS F40 T12 de 40W no funcionan					
REVISADO POR: MSc. SANTIAGO SALAZAR					

*Anexo 12. Ficha del inventario de equipos consumidores planta baja*



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLE  
AUDITORIA ENERGÉTICA



EVALUADOR(A):	DAVID FARINANGO	FECHA:	09/01/2019	PISO:	1
EQUIPO	FOTOGRAFÍA	CANTIDAD	TIPO/MODELO	POTENCIA	POTENCIA TOTAL
CAJA DE AUDIO PASIVA		2	SOUND KING/FP 0115A	600,00	1.200,00
CAJA DE AUDIO PASIVA		2	JBL EON15 G20	175,00	350,00
COMPUTADOR		32	ACER VERITON CORE I7	250,00	8.000,00
COMPUTADORA		25	HP PAVILLION 20	200,00	5.000,00
LUMINARIA LED		34	LEDEX	18,00	612,00
LUMINARIA LED		28	EVERGREEN	20,00	560,00
LUMINARIA LED		6	SYLVANIA	32,00	192,00
LUMINARIA LED		6	OSRAM	40,00	240,00
LUMINARIA LED		16	SYLVANIA	18,00	288,00
MONITOR		32	ACER K222HQL	18,00	576,00
PROYECTOR		5	EPSON MODEL H553B	500,00	2.500,00
TOMACORRIENTE		20	VARIOS		
VENTILADORES		2	WESTINGHOUSE	52,00	104,00
OBSERVACIONES					
1 foco ahorrador OSRAM de 20 W no funciona					
REVISADO POR: MSc. SANTIAGO SALAZAR					

*Anexo 13. Ficha del inventario de equipos consumidores planta primera*



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLE  
AUDITORIA ENERGÉTICA



EVALUADOR(A):	DAVID FARINANGO	FECHA:	10/01/2019	PISO:	2
EQUIPO	FOTOGRAFÍA	CANTIDAD	TIPO/MODELO	POTENCIA	TOTENCIA TOTAL
CAFETERA		2	OSTER	950,00	1.900,00
LAPTOPS		5	VARIOS	45,00	225,00
LUMINARIA FLUORESCENTE		2	PHILLPS/ F40T12DXPT	40,00	80,00
LUMINARIA FLUORESCENTE		8	OSRAM	40,00	320,00
LUMINARIA LED		40	LEDEX	18,00	720,00
LUMINARIA LED		70	EVERGREEN	20,00	1.400,00
LUMINARIA LED		6	SYLVANIA	32,00	192,00
LUMINARIA LED		4	NAVARA	20,00	80,00
PROYECTOR		6	EPSON MODEL H553B	500,00	3.000,00
RÚTER		2	CISCO	6,00	12,00
TOMACORRIENTES		31	VARIOS		
VENTILADOR		1	S/M	70,00	70,00
<b>OBSERVACIONES</b>					
3 tomacorrientes no se encuentran en funcionamiento					
1 foco ahorrador OSRAM de 20W no funciona					
REVISADO POR: MSc. SANTIAGO SALAZAR					

*Anexo 14. Ficha del inventario de equipos consumidores planta segunda*





UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLE  
AUDITORIA ENERGÉTICA



EVALUADOR(A):	DAVID FARINANGO	FECHA:	10/01/2019	PISO:	3
EQUIPO	FOTOGRAFÍA	CANTIDAD	TIPO/MODELO	POTENCIA	POTENCIA TOTAL
CAFETERA		1	OSTER	950,00	950,00
COMPUTADOR		1	LG COLORSIT CORE I2	250,00	250,00
LAPTOPS		4	VARIOS	45,00	180,00
LUMINARIA FLUORESCENTE		8	OSRAM	40,00	320,00
LUMINARIA LED		61	LEDEX	18,00	1.098,00
LUMINARIA LED		45	OSRAM	32,00	1.440,00
LUMINARIAS LED		15	GL	36,00	540,00
LUMINARIAS LED		6	SYLVANIA	32,00	192,00
MONITOR		1	SAMSUNG PU19WS	25,00	25,00
PROYECTOR		5	EPSON MODEL H553A	500,00	2.500,00
RÚTER		2	CISCO	6,00	12,00
TOMACORRIENTES		28	VARIOS		
OBSERVACIONES					
10 luminarias de 32 W no se encuentran en funcionamiento					
REVISADO POR: MSc. SANTIAGO SALAZAR					

*Anexo 15. Ficha del inventario de equipos consumidores planta tercera*



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES  
 CARRERA DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLE  
 AUDITORIA ENERGÉTICA



EVALUADOR(A):	DAVID FARINANGO	FECHA:	11/01/2019	PISO:	4
EQUIPO	FOTOGRAFÍA	CANTIDAD	TIPO/MODELO	POTENCIA	POTENCIA TOTAL
ASCENSOR		1	KINETEX WTTY1 SERIES	7.150,00	7.150,00
AGITADOR		1	THERMO SCIENTIFIC	20,00	20,00
BALANZA ANALÍTICA		1	RADWAG	28,75	28,75
BAÑO ULTRASONIDO		1	MRC	120,00	120,00
CAFETERA ELÉCTRICA		1	OSTER	500,00	500,00
CÁMARA DE FLUJO LAMINAR		2	BIOBASE/BSC-1300IIA2-X	800,00	1.600,00
CÁMARA DE SISTEMA ROTATORIO (SHAKER)		1	VISION	230,00	230,00
COCINA ELÉCTRICA		1	N/E	1.800,00	1.800,00
COMPUTADORA		4	HP PAVILION 20	120,00	480,00
CONGELADORA		1	THERMO FISHER SCIENTIFIC MODELO 5656	500,00	500,00
DESTILADOR DE AGUA		1	THERMO SCIENTIFIC	80,00	80,00
SENSOR DE MOVIMIENTO		1	N/E	0,50	0,50
ESPECTROFOTÓMETRO		1	JENWAY SERIE 67	65,00	65,00
ESPECTROFOTÓMETRO		1	TITERTEK	30,00	30,00
ESTERILIZADOR CIRCULADO		1	RAYPA SERIE AE-DRY	3.200,00	3.200,00
ESTUFA O SECADORA		1	MRC	1.000,00	1.000,00
FOCO INCANDESCENTE		2	N/E	30,00	60,00

FOCOS AHORRADORES		2	SYLVANA	25,00	50,00
FOCOS AHORRADORES		25	OSRAM	20,00	500,00
HORNO INCUBADOR		1	THERMOLYNE-OV19225 TIPO 19200	350,00	350,00
INCUBADORA		2	MEMMERT	1.500,00	3.000,00
INCUBADORA		2	MRC	300,00	600,00
LAMPARA DE EMERGENCIA		2	LIGHTTEX	3,00	6,00
LAPTOP		1	HP PAVILION DV4 2025LA	65,00	65,00
LUMINARIA LED		24	LEDEX	18,00	432,00
LUMINARIA LED		11	OSRAM	32,00	352,00
LUMINARIA LED		34	EXILED	18,00	612,00
MICROCENTRÍFUGA		1	P SELECTA	80,00	80,00
MICROONDAS		1	PANASONIC NN-ST651W	1.200,00	1.200,00
RECIPROCAL/ORBITAL SHAKING		1	MRC WBT-200	1.200,00	1.200,00
REFRIGERADOR		1	GENERAL ELECTRIC/ TA04D04EX	840,00	840,00
REFRIGERADOR		1	INDURAMA	1.200,00	1.200,00
REFRIGERADORA		1	INDURAMA	500,00	500,00
REFRIGERADORA		1	PREMIUM	400,00	400,00
REFRIGERADORA		1	INDURAMA	1.170,00	1.170,00
REFRIGERADORA		1	INNOVA	600,00	600,00
REFRIGERADORA		1	INDURAMA	970,00	970,00
REFRIGERADORA		1	MC SMCRF33B	72,00	72,00
RÚTER		1	CISCO	6,00	6,00
TERMOCICLADOR		1	TERMO CICLADOR BIOER GENE MAX	600,00	600,00
THERMO BLOQUE		1	THERMO SCIENTIFIC	60,00	60,00

TOMACORRIENTES		108	VARIOS		
TRANSILUMINADOR		1	WITEG WUV-L10	90,00	90,00
ULTRA CONGELADOR		1	BIOBASE BDF-86V100	500,00	500,00
VORTEX MIXER		1	MRC VM-1000	220,00	220,00
OBSERVACIONES					
6 luminarias led de 18 W no se encuentran en funcionamiento					
1 luminaria incandescente de 30 W no se encuentra en funcionamiento					
4 luminarias led OSRAM de 32 W no se encuentran en funcionamiento					
REVISADO POR: MSc. SANTIAGO SALAZAR					

*Anexo 16.* Ficha del inventario de equipos consumidores planta cuarta