



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS
RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES,

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

EVALUAR LA CALIDAD DE ILUMINACIÓN DE INTERIORES
DE LAS DEPENDENCIAS DE LA FACULTAD DE LA
ENERGÍA LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES
NO RENOVABLES.

TESIS DE GRADO PREVIA A OPTAR
POR EL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

Autor:

González Ortega Welington Rafael

Director:

Ing. Christian Hernán Campoverde Ramírez, Mg Sc.

LOJA-ECUADOR

2022

CERTIFICACIÓN

Ing. Christian Hernán Campoverde Ramírez, Mg SC.

Director del trabajo titulación

CERTIFICA

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación cuyo tema versa en **“EVALUAR LA CALIDAD DE ILUMINACIÓN DE INTERIORES DE LAS DEPENDENCIAS DE LA FACULTAD DE LA ENERGÍA LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES”** previo a la obtención del título de ingeniería en **ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**, realizado por el señor egresado: **WELINGTON RAFAEL GONZÁLEZ ORTEGA**, mismo que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación para su posterior sustentación y defensa.

Loja, 24 de agosto del 2021

Ing. Christian Hernán Campoverde Ramírez, Mg Sc.

Director de tesis

AUTORIA

Yo, Welington Rafael González Ortega, declaro ser el autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma, además acepto y autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que confines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio institucional - biblioteca virtual.

González Ortega Welington Rafael

AUTOR

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, **WELINGTON RAFAEL GONZÁLEZ ORTEGA**, declaro ser el autor de la tesis titulada **“EVALUAR LA CALIDAD DE ILUMINACIÓN DE INTERIORES DE LAS DEPENDENCIAS DE LA FACULTAD DE LA ENERGÍA LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES.”**, como requisito para optar por el grado de: **INGENIERIA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional. Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la universidad. La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Por constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 11 días del mes de enero de dos mil veintidós:

Firma:

Autor: Welington Rafael González Ortega

Cédula: 1900878834

Dirección: Casa Comunal Samaná

Correo electrónico: welington.gonzalez@unl.edu.ec

Celular: 0988791719

Datos complementarios

Director de tesis: Ing. Christian Campoverde, Mg. Sc.

Tribunal de grado:

Ing. Manuel Augusto Pesantez González, Mg.

Ing. Franklin Gustavo Jiménez Peralta, Mg

Ing. Rodolfo Pabel Merino Vivanco, Mg

DEDICATORIA

A mis padres por ser mis pilares y ejemplos a seguir ya que siempre me apoyaron y motivaron durante mi formación académica, alentándome a ser cada día una mejor persona.

A mis hermanos por ser amigos y compañeros de largas noches de estudio, alegrándome durante este recorrido y a quienes les deseo los mayores éxitos en sus vidas.

Wellington Rafael González Ortega

AGRADECIMIENTO

Permítanme agradecer a Dios por darme ese espíritu lleno de perseverancia, dedicación y fortaleza para la culminación de mis estudios universitarios y sobre todo agradecerle por permitirme tener a mi lado unos padres maravillosos que no dejaron de apoyarme durante mi formación académica.

A mis hermanos por brindarme su apoyo incondicional, ejemplos de unión, sacrificio, responsabilidad y llenarme de alegrías durante el desarrollo de este proyecto.

Quiero expresar mi agradecimiento a mi director de tesis Ing. Christian Hernán Campoverde Ramírez, por recurrir a su capacidad y experiencia para la culminación de este trabajo.

Finalmente agradecer a mi querida Universidad Nacional de Loja y principalmente a la carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, que a través de sus docentes supieron llenarme de conocimientos que han permitido formarme como profesional, en aspectos importantes como la práctica de valores.

Wellington Rafael González Ortega

TABLA DE CONTENIDO

AUTORIA.....	III
CARTA DE AUTORIZACIÓN	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
1. TÍTULO.....	1
2. RESUMEN –.....	2
2.1. ABSTRACT.....	3
3. INTRODUCCIÓN.....	4
4. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1. ¿Qué es la luz?.....	5
4.1.1. Propiedades Físicas de la Luz.....	5
4.1.1.1. Reflexión:	6
4.1.1.2. Refracción:	6
4.1.1.3. Absorción:	6
4.2. Afectaciones de la luz a la salud.....	7
4.3. Iluminación	7
4.3.1. Fuentes de iluminación	8
4.3.2. Tipos de iluminación	9
4.3.3. Sistemas de Iluminación	10
4.3.4. Niveles de iluminación	11
4.4. Términos utilizados en iluminación.....	13
4.4.1. Temperatura de color	13
4.4.2. Flujo luminoso (lumen)	14
4.4.3. Haz de luz – ángulo	15
4.4.4. Rendimiento luminoso o eficacia luminosa (ϵ).....	15
4.4.5. Iluminancia.....	15
4.4.6. Candela.....	16
4.4.7. Luminancia o brillo fotométrico (L).....	16
4.4.8. Confort Visual	16
4.4.9. Deslumbramiento.....	17
4.5. Eficiencia energética	17
4.5.1. Tipos de energía:	18

4.5.2.	Beneficios	18
4.5.3.	Recomendaciones de eficiencia energética	18
4.6.	Norma ISO 50001	19
4.6.1.	Sistema de gestión de eficiencia energética (SGE)	19
4.6.2.	Beneficios de la norma ISO 50001	21
5.	MATERIALES Y MÉTODOS	22
5.1.	Materiales	22
5.2.	Metodología	22
5.2.1.	Método investigativo	22
5.2.2.	Método de campo y experimental	22
5.2.3.	Método descriptivo	24
6.	RESULTADOS.....	25
6.1.	Realizar una auditoria energética de las dependencias de la Facultad de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables.....	25
6.1.1.	Medidas experimentales	26
6.1.2.	Diagnóstico de la situación	30
6.1.3.	Valores de variables eléctricas medidas en la facultad.....	30
6.1.4.	Análisis para la mejora del Comportamiento del edificio.	49
6.1.5.	Propuesta de mejoras	50
6.2.	Evaluar la Calidad de Iluminación de interiores de las dependencias de la Facultad de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables.	50
6.3.	Analizar los sistemas de iluminación de las diferentes dependencias de la FEIRNNR en base a las normativas y estándares nacionales e internacionales vigentes.	68
6.3.1.	Tipos de iluminación	68
6.3.2.	Establecer los sistemas de iluminación basados en la fuente de luz en la facultad. 70	
6.3.4.	Ventajas y Desventajas de los sistemas de iluminación	77
6.3.5.	Propuesta del sistema más eficiente.....	79
6.4.	Desarrollar un Sistema de Gestión de Energía para la FEIRNNR basado en la norma ISO 50001 que sugiera mejoras para la optimización de la energía en la facultad y principalmente mejoras en la calidad de iluminación de los espacios físicos.	81
6.4.1.	Estimado de cuantas personas ocupan la facultad	81
6.4.2.	Distribución energética por sectores de la FEIRNNR.....	82
6.4.3.	Plan de eficiencia energética basada en la iluminación.....	86
	DP DALI 1500 55 W 6500 K IP65 GY	86
6.4.4.	Propuesta para políticas energéticas de la Universidad Nacional de Loja.....	91

7. DISCUSIÓN	92
7.1. Desarrollo de la propuesta alternativa.....	92
7.2. Valoración técnica económica ambiental	93
7.2.1. Valoración técnica económica	93
7.2.2. Valoración ambiental.....	95
8. CONCLUSIONES	96
9. RECOMENDACIONES	98
10. BIBLIOGRAFÍA	99
11. ANEXOS.....	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Longitudes de onda del espectro electromagnético	5
Figura 2 Reflexión Especular y difusa	6
Figura 3 Confortamiento de la luz frente a la refracción.....	6
Figura 4 Comportamiento de la luz cuando son absorbidos por una superficie.....	7
Figura 5 Representación de iluminación natural	8
Figura 6 Representación de la iluminación artificial en puestos de trabajo	9
Figura 7 Tipos de iluminación.....	9
Figura 8 Sistema de iluminación led	10
Figura 9 Sistema de iluminación fluorescente.....	11
Figura 10 Sistema de iluminación Incandescente.....	11
Figura 11 Luxómetro de medida	13
Figura 12 Niveles de temperatura de diferentes espacios.....	14
Figura 13 Iluminación con haz de luz cerrado y abierto	15
Figura 14 Medidas de iluminancia en un área.....	16
Figura 15 Deslumbramiento directo e indirecto	17
Figura 16 Beneficios de eficiencia energética	18
Figura 17 Metas y políticas de la norma ISO 50001	20
Figura 18 Beneficios de la norma ISO 50001	21
Figura 19 Luxómetro.....	23
Figura 20 FEIRNNR dividida en bloques	25
Figura 21 Medición de variable eléctrica de tomacorriente	29
Figura 22 Foto tomacorriente en mal estado	29
Figura 23 Estado actual de luminaria de los laboratorios de Geología.....	29
Figura 24 Gráfico suma de consumo FEIRNNR por medidor	34
Figura 25 Gráfico máximo consumo FEIRNNR – por CUEN # 1800369710 medidor #26176.....	35
Figura 26 Gráfico máximo consumo FEIRNNR – por CUEN # 1803244787 medidor 225180.....	37
Figura 27 Gráfico máximo consumo FEIRNNR – por CUEN # 180324489 medidor 33614.....	40
Figura 28 Potencia total consumida en cada una de las áreas de la FEIRNNR	43
Figura 29 Descripción de potencia de los portadores energéticos de la FEIRNNR.....	45
Figura 30 Gráfica total consumo kilovatios/hora año 2013	46
Figura 31 Gráfica total consumo kilovatios/hora año 2014	46
Figura 32 Gráfica total consumo kilovatios/hora año 2015	46
Figura 33 Gráfica total consumo kilovatios/hora año 2016	47
Figura 34 Gráfica total consumo kilovatios/hora año 2017	47
Figura 35 Gráfica total consumo kilovatios/hora año 2018	48
Figura 36 Gráfica total consumo kilovatios/hora año 2019	48
Figura 37 Gráfica total consumo kilovatios/hora año 2020	48
Figura 38 Dependencia con el tipo de iluminación artificial.....	55
Figura 39 Medidas tomada luxómetro de marca UNI-T.	56
Figura 40 Medida tomada en la Planta Administrativa de la FEIRNNR	56

Figura 41 Dimensiones del espacio físico a diseñar	58
Figura 42 Diseñando parámetros de altura de espacio a iluminar	58
Figura 43 Características de lampara de diseño	59
Figura 44 Parámetros del plano útil.....	59
Figura 45 Niveles de iluminación del cálculo en el software.....	60
Figura 46 Representación 3D de espacio a iluminar	61
Figura 47 Estado actual de las luminarias del bloque A2.....	61
Figura 48 Estado actual de las luminarias del bloque A3.....	62
Figura 49 Estado actual de las luminarias del bloque A4.....	62
Figura 50 Estado actual de las luminarias del bloque A5.....	62
Figura 51 Estado actual de las luminarias del bloque A6.....	63
Figura 52 Estado actual de las luminarias del bloque A7.....	63
Figura 53 Estado actual de las luminarias del bloque A8.....	63
Figura 54 Estado actual de las luminarias del bloque A9.....	64
Figura 55 Estado actual de las luminarias del bloque 10	64
Figura 56 Estado actual de las luminarias del bloque A13.....	64
Figura 57 Estado actual de las luminarias del bloque A14.....	65
Figura 58 Estado actual de las luminarias del bloque A24.....	65
Figura 59 Estado actual de las luminarias del bloque A26.....	65
Figura 60 Estado actual de luminaria del laboratorio de materiales de construcción	66
Figura 61 Estado actual de luminarias del taller mecánico	66
Figura 62 Estado actual del sistema de iluminación de aula del bloqueA3	67
Figura 63 Porcentaje del personal existente en la FEIRNNR	81
Figura 64 Distribución energética del bloque A2.....	82
Figura 65 Distribución energética del bloque A3.....	82
Figura 66 Distribución energética del bloque A4.....	83
Figura 67 Distribución energética del bloque A5.....	83
Figura 68 Distribución energética del bloque A6.....	83
Figura 69 Distribución energética del bloque A7.....	83
Figura 70 Distribución energética del bloque A8.....	83
Figura 71 Distribución energética del bloque A9.....	84
Figura 72 Distribución energética del bloque A10.....	84
Figura 73 Distribución energética del bloque A13.....	84
Figura 74 Distribución energética del bloque A14.....	85
Figura 75 Distribución energética del bloque A24.....	85
Figura 76 Distribución energética del bloque A26.....	85
Figura 77 Consumo anual de energía de la FEIRNNR representado en KWh.....	87
Figura 78 Ahorro económico por reemplazó de luminarias	87
Figura 79 Balastro electrónico de marca Philips	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valores de iluminación para distintos locales de escuelas y colegios.....	12
Tabla 2 Niveles de iluminación establecidos en la NEC-11	12
Tabla 3 Materiales utilizados en las mediciones.	22
Tabla 4 Actividades realizadas en la investigación	23
Tabla 5 Información recopilada de la auditoría.....	26
Tabla 6. Descripción de medidores de FEIRNNR	30
Tabla 7 Suma de consumo FEIRNNR por cada año por medidor.....	32
Tabla 8 Promedio de consumo FEIRNNR por año por medidor	33
Tabla 9 Consumos máximo y mínimo de energía de FEIRNNR.	35
Tabla 10 Descripción de medidor # 25176.....	35
Tabla 11 Mínimo y máximo consumo de medidor #26176 de la FEIRNNR.....	36
Tabla 12 Consumos máximo y mínimo de energía de FEIRNNR de medidor #26176 ..	36
Tabla 13 Descripción de medidor # 225180.....	37
Tabla 14 Mínimo y máximo consumo de medidor #225180 de la FEIRNNR.....	38
Tabla 15 Consumos máximo y mínimo de energía de FEIRNNR de medidor #225180	38
Tabla 16 Suma de consumo FEIRNNR por año por CUEN # 1803244787 medidor 225180	39
Tabla 17 Descripción de medidor # 33614.....	40
Tabla 18 Mínimo y máximo consumo de medidor #33614 de la FEIRNNR.....	41
Tabla 19 Consumo máximo y mínimo de energía de FEIRNNR de medidor #33614....	41
Tabla 20. Suma de consumo de la FEIRNNR por año por CUEN # 1803244894 medidor 33614	42
Tabla 21 Elementos energéticos	43
Tabla 22 Bloque A2 Laboratorios Sistema de iluminación actual	51
Tabla 23 Bloque A3 Aulas Sistema de iluminación actual.	51
Tabla 24 Bloque A4 Aulas Sistema de iluminación actual	52
Tabla 25 Bloque A5 Baterías sanitarias Sistema de iluminación actual	52
Tabla 26 Bloque A7 Aulas Sistema de iluminación actual	52
Tabla 27 Bloque A8 Aulas Sistema de iluminación actual	52
Tabla 28 Bloque A10 Laboratorios de geología Sistema de iluminación actual.....	53
Tabla 29 Administración de la FEIRNNR Sistema de iluminación actual	53
Tabla 30 Bloque A24 Talleres mecánicos Sistema de iluminación actual.....	54
Tabla 31 Bloque 26 Laboratorio Sistema de iluminación actual.....	54
Tabla 32 Dimensiones físicas de aula de diseño	57
Tabla 33 Tipo de iluminación en la FEIRNNR	68
Tabla 34 Total de luminarias por áreas de la FEIRNNR.....	71
Tabla 35 Rendimiento y eficiencia de los sistemas de iluminación de la FEIRNNR.	72
Tabla 36 Beneficios lampara led proyectada.....	86
Tabla 37 Costo balastros electrónicos de la marca Philips.....	89
Tabla 38 Recursos materiales utilizados en el proyecto.....	93
Tabla 39 Recursos económico utilizados durante el proyecto	94
Tabla 40 Recursos tecnológicos utilizados durante el proyecto.....	94
Tabla 41 Recursos humanos utilizados durante el proyecto.....	94
Tabla 42 Recursos técnicos utilizados durante el proyecto.....	94
Tabla 43 Recurso económico total del proyecto	95

1. TÍTULO

**EVALUAR LA CALIDAD DE ILUMINACIÓN DE INTERIORES DE
LAS DEPENDENCIAS DE LA FACULTAD DE LA ENERGÍA LAS
INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES.**

2. RESUMEN –

La presente investigación permite evaluar la calidad del nivel de iluminación de los bloques de la Facultad de Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables (FEIRNNR), se orienta principalmente en la medición y evaluación del sistema de iluminación en diferentes ambientes, cuyo propósito es crear un plan de eficiencia energética y plantear propuestas orientadas al uso de elementos eficientes y de control que permitan reducir el consumo de energía en la FEIRNNR.

El proyecto empieza con el levantamiento y auditoría del sistema actual de iluminación, recopilando información técnica, niveles de iluminación, estado de las luminarias, distribución de las luminarias en cada uno de los ambientes.

Se empleó un software especializado que permitió realizar el análisis luminotécnico de un área física y determinar la luminaria más eficiente de manera rápida y precisa, además se identificó las áreas que no cumplen con las normas “INEN 1153” y la “NEC 11” (Norma Ecuatoriana de la Construcción), estas permiten verificar que cada área de estudio cumpla con el nivel de iluminación adecuado.

En base a la investigación se hizo la recopilación de diversas fuentes bibliográficas, lo que permitió realizar el análisis de los diversos sistemas de iluminación de la FEIRNNR, análisis que indica el estado de las diferentes luminarias en las dependencias.

En función de estos análisis se propone un sistema de gestión de energía bajo la normativa “INEN 50001” en donde se detalla algunos planes de eficiencia energética, posteriormente se incluyen algunas conclusiones y recomendaciones que permitan mejorar la eficiencia energética de la facultad, reducir costos en la implementación, reducción del consumo de energía eléctrica y por ende reducción del costo económico que representaría el reemplazo del sistema de iluminación actual.

Palabras clave: Energía, Reflexión, Iluminación, Eficiencia energética, Auditoría.

2.1. ABSTRACT

This research allows evaluating the quality of the lighting level of the blocks of the Faculty of Energy, Industries and Non-Renewable Natural Resources (FEIRNNR), it is oriented mainly in the measurement and evaluation of the lighting system in different environments, whose purpose is to create an energy efficiency plan and propose proposals aimed at the use of efficient and control elements that allow reducing energy consumption in the FEIRNNR.

The project focuses on the survey and audit of the current lighting system, collecting technical information, lighting levels, status of the lights, distribution of the lights in each of the environments.

Specialized software was used that allowed to carry out the lighting analysis of a physical area and determine the most efficient luminaire quickly and precisely, in addition, the areas that did not comply with the “INEN 1153” and “NEC 11” standards were identified. Ecuatoriana de la Construcción), these allow verifying that each study area complies with the appropriate lighting level.

Based on these analyzes, an energy management system is proposed under the “INEN 50001” regulation, where some energy efficiency plans are detailed, later some conclusions and recommendations are included to improve the energy efficiency of the faculty, reduce costs in the implementation, reduction of electricity consumption and therefore reduction of the economic cost that would represent the replacement of the current lighting system.

Keywords: Energy, Reflection, Lighting, Energy efficiency, Audit.

3. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el uso eficiente de la energía, el cuidado del medio ambiente, la seguridad y el confort visual del ser humano tiene relación con el uso correcto y la elección adecuada del sistema de iluminación, estos sistemas deben proporcionar un nivel de iluminación óptimo de tal manera que contribuya de manera positiva al desempeño de los seres humanos.

La luz artificial es indispensable porque permite que las personas mantengan esa sensación de bienestar y sean capaces de realizar las tareas visuales con rapidez y precisión durante largos periodos de tiempo de manera segura y confiable.

Existen diferentes técnicas para el estudio de la calidad de iluminación, es por esto que en la presente investigación se utiliza el método de cuadrícula, este permitirá realizar un análisis del estado de la calidad de iluminación, también se busca realizar una auditoria energética que nos ayudara a evaluar los costos y el consumo energético de la FEIRNNR y posteriormente se realiza un análisis del estado de los sistemas de iluminación permitiendo crear un sistema de gestión energética en donde se especifiquen ciertas recomendaciones y conclusiones que se pueden realizar en la facultad.

Los resultados de esta investigación permitirán encontrar las principales falencias en los sistemas de iluminación, principalmente las afectaciones que sufren el personal, estudiantes y público al transitar por estas zonas y/o dependencias de la facultad.

El estudio realizado de la presente investigación, permitió cumplir con los objetivos planteados, que son los siguientes:

- Evaluar la Calidad de Iluminación de interiores de las dependencias de la Facultad de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables.
- Realizar una auditoria energética de las dependencias de la Facultad de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables.
- Analizar los sistemas de iluminación de las diferentes dependencias de la FEIRNNR en base a las normativas y estándares nacionales e internacionales vigentes.
- Desarrollar un Sistema de Gestión de Energía para la FEIRNNR basado en la norma ISO 50001 que sugiera mejoras para la optimización de la energía en la facultad y principalmente mejoras en la calidad de iluminación de los espacios físicos.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. ¿Qué es la luz?

La luz viene a ser la energía que da vida a los seres humanos, es impresionante como puede llegar a conectar las emociones y hace inolvidables las memorias en la conciencia de los seres humanos, hay estudios más técnicos que detalla que la luz es un conjunto de ondas electromagnéticas que propagan energía gracias al movimiento de los electrones, es una energía visible que cada ser vivo, persona o individuo capta en su sistema visual y produce esa sensación de ver. El principio de la termodinámica afirma que la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma, es decir tiene la capacidad de introducirse de muchas formas ya sea por calor o puede sufrir diferentes procesos de transformación. (Vázquez, 2015)

Si nos volcamos a conceptos más técnicos podemos decir que la luz tiene una característica muy importante, como lo es la longitud de onda (λ), esta es la depresión consecutiva, percibida por el ojo humano como el color de la luz, mide entre 350 nanómetros (nm) a 700 nm rango de espectro visible para el ojo humano. Estos rangos se representan en la Figura 1.

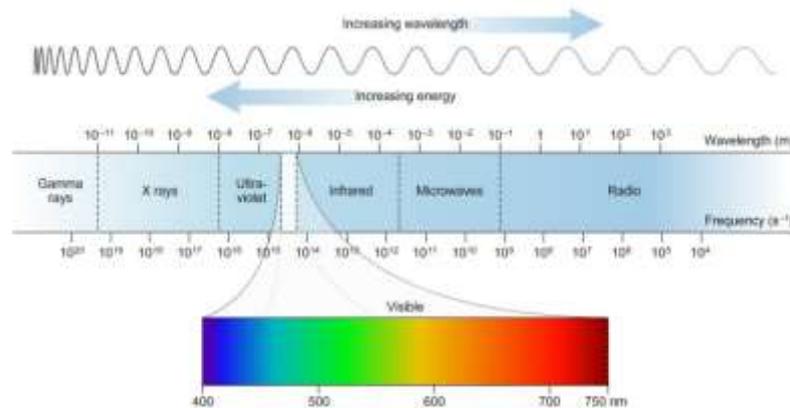


Figura 1 Longitudes de onda del espectro electromagnético

Fuente: (Coimbra, 2017)

4.1.1. Propiedades Físicas de la Luz

Anteriormente se dijo que la luz es un conjunto de ondas electromagnéticas en donde los rayos de luz viajan en línea recta por lo que interaccionan con átomos o moléculas de la atmosfera entre otros objetos, esto causa que estos rayos sufran pérdidas

multi trayectoria causadas por la reflexión, absorción y refracción de las ondas que a continuación se detallan:

4.1.1.1. **Reflexión:**

Es la interacción directa que se produce entre la luz y las superficies, esta propiedad depende una de la otra, es decir sin luz los materiales no se podrían ver, y sin superficies que interrumpan los rayos de luz, la luz no podría verse. (Lechner, 2012).

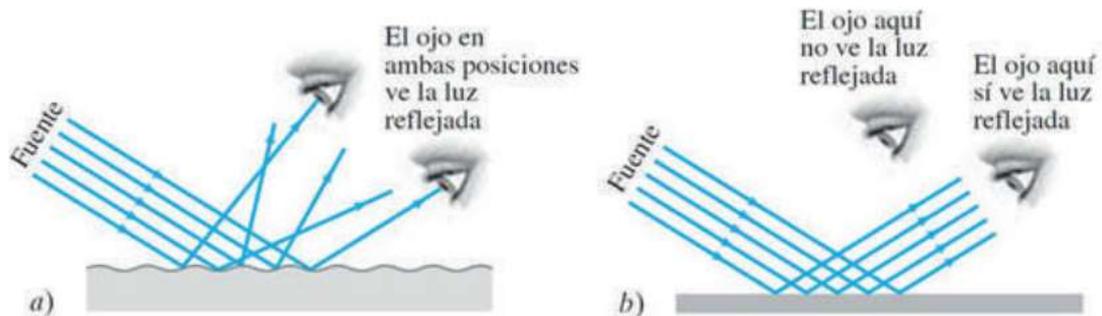


Figura 2 Reflexión Especular y difusa
Fuente: (Bolilla, 2010)

4.1.1.2. **Refracción:**

La luz se propaga en línea recta, pero cuando pasa oblicuamente a través de los materiales transparentes de diferentes densidades pueden desviarse y deformarse, este grado de desviación se determina por la densidad de los elementos a través de los que atraviesa. (Lechner, 2012).



Figura 3 Confortamiento de la luz frente a la refracción.
Fuente: (Fernández, 2016)

4.1.1.3. **Absorción:**

Sucede cuando los rayos de luz son absorbidos por una superficie u objeto, pueden ser absorbidos en su totalidad o parte de estos, luz que se convierte en calor (Byron, 2019).



Figura 4 Comportamiento de la luz cuando son absorbidos por una superficie
Fuente: (Iluminet, 2019)

4.2. Afectaciones de la luz a la salud.

Es muy importante mencionar que la iluminación trae muchos beneficios en la salud de las personas, pero también se tiene en cuenta que un diseño de iluminación incorrecto o el trabajo nocturno excesivo puede afectar considerablemente al ser humano, a continuación, se detallan algunas de estas afectaciones:

- **Reloj biológico**

Por lo general el reloj biológico sufre cambios o afectaciones cuando una persona esta activa durante la noche provocando somnolencia diurna, letargo, apatía y desorientación causando una disminución en el rendimiento de la persona.

- **Melatonina**

Estar activo en la noche también produce que la melatonina del ser humano se reduzca, considerando que es un agente anticancerígeno, su reducción continua por exposición a la luz, puede contribuir a la posibilidad de inicio o progresión del cáncer de cualquier tipo. (Rocio)

4.3. Iluminación

La iluminación es un factor muy importante para el correcto desempeño de las actividades de los seres humanos, permite que el ojo humano cuente con la capacidad para realizar las tareas o actividades con rapidez y precisión. Una excelente calidad de iluminación en el momento adecuado, genera confianza y hace que la sociedad se sienta segura y confiable. Es importante mencionar que un exceso de iluminación puede causar deslumbramientos y afectaciones a la salud de los seres humanos, es por esto que se debe tener en cuenta los niveles adecuados de iluminación para los diferentes espacios de trabajo, más adelante se definen algunos niveles necesarios para realizar estas actividades. (Farrás, 2012)

4.3.1. Fuentes de iluminación

4.3.1.1. Iluminación Natural:

Este tipo de iluminación es proporcionada por una fuente de energía renovable principalmente del sol, sea esta de manera directa o indirecta, es la energía más abundante durante el día y puede proporcionar niveles de iluminación más elevados que la luz artificial por lo que puede causar mayor deslumbramiento y es importante saber controlarla.(Al-Hadithi et al., 2016)

En la Figura 5 se hace una representación de la luz natural, es impresionante como un buen diseño en su infraestructura puede brindar una iluminación adecuada.

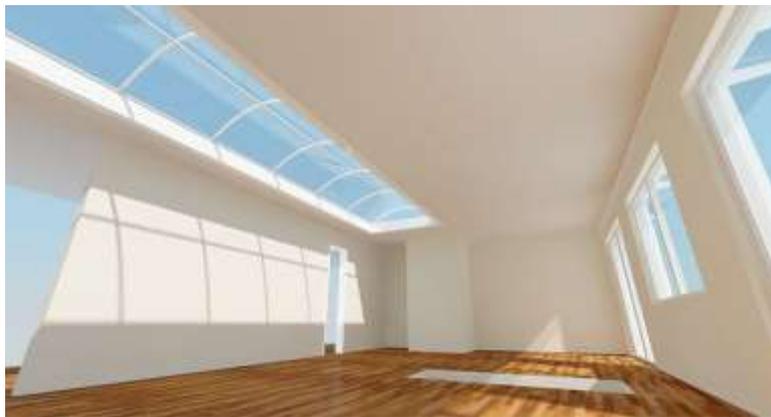


Figura 5 Representación de iluminación natural
Fuente: (PIRO4D, 2017)

Se considera que esta iluminación es solo parcial debido a que no está disponible todo el tiempo y esta no es capaz de llegar a algunos espacios internos por lo que es necesario implementar la iluminación artificial.

4.3.1.2. Iluminación artificial.

Es la fuente de energía generada por diversas tecnologías o sistemas (incandescentes, fluorescentes o leds), todas estas creadas por el ser humano para cubrir la necesidad en donde la iluminación natural no puede llegar. Los sistemas de iluminación en interiores pueden dividirse en iluminación puntual que busca iluminar un área específica, o en iluminación general que ilumina espacios comunes como pasillos, salas de espera, escaleras entre otros, proporcionando una iluminancia aproximadamente uniforme en todo el plano de trabajo.

En la Figura 6 se presenta el sistema de iluminación adecuado en diferentes puestos de trabajo.



Figura 6 Representación de la iluminación artificial en puestos de trabajo
Fuente: (Demoestudio, 2019)

4.3.2. Tipos de iluminación

En la Figura 7 se detalla algunas características de la iluminación directa e indirecta, estos tipos de iluminación influyen directamente en el desempeño de las personas, por esto es importante tomarlo en cuenta en el presente proyecto.

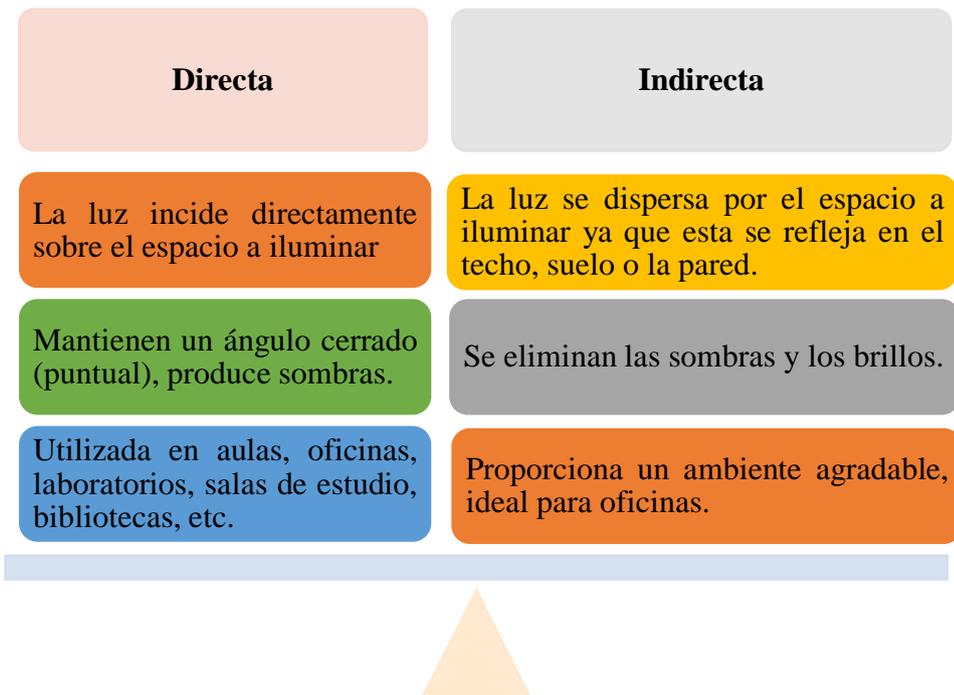


Figura 7 Tipos de iluminación
Fuente: (Caminos, 2011)

4.3.3. Sistemas de Iluminación

A continuación, se presentan algunas características, ventajas y beneficios de los sistemas de iluminación mencionados:

4.3.3.1. Sistema de iluminación Led

Led significa “Light emitting diode”, en donde “el diodo es un componente eléctrico con dos electrodos que permiten el paso de corriente en un solo sentido o dirección. A través del movimiento constante de los electrones en el semiconductor, se genera la luz”. (Anónimo, 2020)



Figura 8 Sistema de iluminación led
Fuente: (MegaKiwi, 2020)

En la Figura 8 se puede observar el sistema led (foco), presenta una larga vida útil, mayor rendimiento y un bajo consumo energético.

4.3.3.2. Sistema iluminación fluorescente.

Este sistema es recomendado para iluminación general por su luz difusa de 360 grados, presenta bajos costos de producción y tiene una buena selección de la temperatura de color deseada.

Entre las desventajas que presenta este sistema tenemos:

- El parpadeo de estos sistemas puede perjudicar la salud de las personas, puede causar tensión ocular, dolores de cabeza y migrañas.
- Los balastos mal diseñados a bajo precio producen interferencias de radio que perturban a varios dispositivos electrónicos y/o provocar incendios cuando se sobrecalientan. (SALAZAR, 2013)



Figura 9 Sistema de iluminación fluorescente

Fuente: (Pinterest, s.f.)

4.3.3.3. Sistema de iluminación incandescente

Este es el sistema convencional, considerado de baja eficiencia energética con baja vida útil de aproximadamente 1000 horas, maneja una potencia que va desde los 25 a los 1000 watts, actualmente ya no es muy utilizado y han sido reemplazados por los sistemas fluorescentes y/o sistemas leds. Las bombillas poseen un filamento generalmente de tungsteno que se pone incandescente cuando la corriente pasa por él. (SALAZAR, 2013)



Figura 10 Sistema de iluminación Incandescente

Fuente: (Wiki, s.f.)

En la Figura 10 se presenta una bombilla incandescente, actualmente ya es un sistema de iluminación obsoleto por su alto costo energético.

4.3.4. Niveles de iluminación

Es muy importante tener en cuenta los niveles de iluminación adecuados para los diferentes espacios, contar con un nivel adecuado permitirá en las personas un mejor desempeño en sus actividades cotidianas. En la Tabla 1 se detalla algunos niveles de iluminación adecuados para áreas de trabajo, áreas de circulación, escaleras, oficinas, etc., valores que están descritos en la norma INEN 1153 en la página 3, literal 2.3.2.1.

Tabla 1 Valores de iluminación para distintos locales de escuelas y colegios

Tipo de dependencia	Iluminancia (lux)
Salas para exámenes	300
Salas de reunión general	150
Escaleras	100
Bibliotecas	150
Oficinas	300
Laboratorios	300
Aulas y clases y lecturas	300
Sobre escritorios y pizarrón	

Fuente: (INEN, 2003)

En la NEC 11, en el Capítulo 13 de eficiencia energética de la construcción en Ecuador en 13.A.5 se detalla algunos niveles de iluminación ideales para los diferentes espacios, niveles que se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2 Niveles de iluminación establecidos en la NEC-11

Tipo de interior o actividad	Nivel de iluminación (lux)
Oficinas de archivo, copia, circulación	300
Oficinas de Dibujo técnico	750
Oficinas de estaciones de trabajo CAD	500
Salas de conferencias y reuniones	500
Oficinas de archivos	200
Museos	300
Estanterías	200
Áreas de lectura, mostradores	500
Aula, salón de profesores	300
Aulas para clases nocturnas, salas de lectura, pizarrones	500
Locales de arte, salas de dibujo técnico	750
Corredores (pasillos)	100

Fuente: (NEC-11, 2011)

4.3.4.1. Equipo de medición

Estos niveles de iluminación se miden con un luxómetro, equipo que convierte la energía luminosa en una señal eléctrica, dispone de una célula fotoeléctrica que al incidir la luz sobre el sensor se generan pulsos de corriente, esta señal que capta este instrumento es amplificada y permite una fácil lectura a escala de luxes, en donde la calibración se realiza de manera automática. En la Figura 11 se representa uno de estos instrumentos de medición. (Espinoza, 2016, pág. 64).



Figura 11 Luxómetro de medida
Fuente: (Espinoza, 2016).

4.4. Términos utilizados en iluminación

4.4.1. Temperatura de color

Es el color con el que el ser humano percibe la luz y se mide en una escala que está determinada en grados Kelvin (K), cuanto más cerca estamos del rojo más cálida se puede considerar la luz y cuanto más nos acercamos al azul más fría es. En los diversos sistemas de iluminación se utilizan tres tipos de color:

- Color cálido: es usa luz con tonos amarillentos, se mantiene entre los 3000K y 4000K, es acogedora, confortable y casi íntima, es ideal para utilizarla en zonas de relax como salones, dormitorios etc.
- Color neutro o intermedio: Tiene tonos más naturales que oscila entre los 4000K y 5000K, es una luz muy limpia, muy agradable, recomendaba para sitios donde necesitemos mayor cantidad de luz, puede ser utilizada en cocinas, baños, o para utilizarla como luz general

- Color frío: Tiene tonos blancos y azulados que se miden a partir de unos 6000K, es una luz menos acogedora, muy utilizada en oficinas, hospitales, farmacias, laboratorios y otros espacios.(FIDO, 2016)

En la Figura 12 se puede observar a detalle los diferentes valores de temperatura de color de las diversas tecnologías para los diferentes espacios de trabajo.

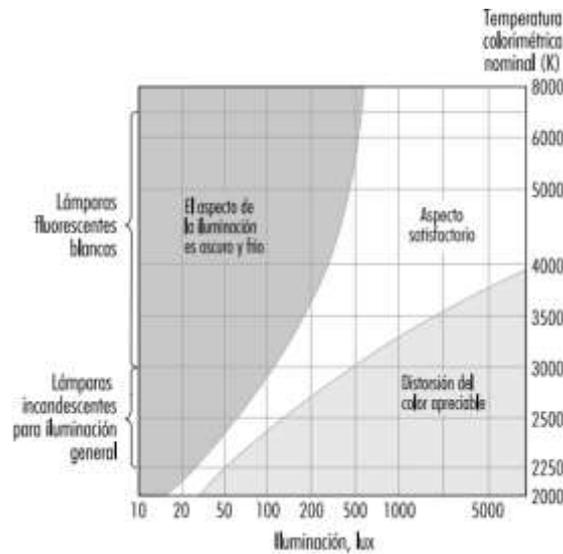


Figura 12 Niveles de temperatura de diferentes espacios.

Fuente: (Farrás, 2012)

4.4.2. Flujo luminoso (lumen)

En términos sencillos los lúmenes es la cantidad de luz que es capaz de emitir o que somos capaces de ver, emitidos por las bombillas o luminarias, cuanto más alto es el número de lúmenes de una bombilla más brillante es, es muy importante no confundir los lúmenes con los Watts que es la cantidad de consumo de luz que tiene una bombilla. Se tiene que elegir la cantidad de lúmenes adecuado en función de los metros cuadrados de un espacio.(DARWIN MIGUEL CHAMBA FERNÁNDEZ, 2019)

$$\Phi L = \frac{dQ_l}{dt} (lm) \quad (1)$$

Donde:

Q_l : Flujo luminoso

$\frac{dQ_l}{dt}$: Cantidad de energía luminosa por unidad de tiempo.

4.4.3. Haz de luz – ángulo

Es el ángulo de apertura con que la luz sale de esta luminaria, los haces cerrados son muchísimos más enfocados, ideales para zonas en donde se desee realizar alguna tarea por su concentración de luz, un ejemplo de luminarias, tenemos los flexos o lámparas, en cambio los haces abiertos proyectan más la luz hacia los lados, son perfectos para una iluminación más general. En la Figura 13 se observa los diferentes tipos de ángulos utilizados para diferentes enfoques.

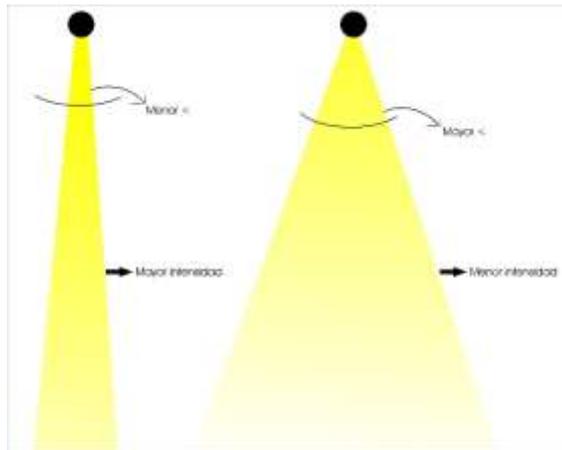


Figura 13 Iluminación con haz de luz cerrado y abierto
Fuente: (shoplight, s.f.)

4.4.4. Rendimiento luminoso o eficacia luminosa (ϵ)

Cociente entre el flujo luminoso que produce una lámpara y la potencia eléctrica consumida, su unidad es el lumen/vatio (lm/W).

$$\epsilon = \frac{\Phi}{W} \left(\frac{lm}{W} \right) \quad (2)$$

Donde:

ϵ = Eficacia luminosa

W = Potencia activa

4.4.5. Iluminancia

Es la cantidad de flujo luminoso recibido por una superficie, relación que existe entre el flujo luminoso y el área de superficie a la cual incide dicho flujo. En donde:

$$E = \frac{\Phi L}{S} \left[\frac{lm}{m^2} \text{ ó } lux \right] \quad (3)$$

Donde:

E : luminancia (lux)
 ΦL : flujo luminoso (lm)
 S : superficie (m²)

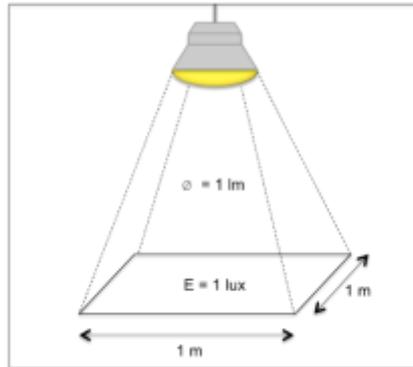


Figura 14 Medidas de iluminancia en un área.

4.4.6. Candela

Es la intensidad luminosa de una fuente puntual que emite un flujo luminoso de 1 lumen en un ángulo sólido de un estereorradián.

4.4.7. Luminancia o brillo fotométrico (L)

Se puede decir que es la intensidad luminosa, tanto si procede de una fuente primaria que produce una luz o una fuente secundaria que refleja luz en donde tenemos:

$$\frac{I}{S_{aparente}}, \quad \text{unidad} \left[\frac{cd}{m^2} \right] \quad (4)$$

4.4.8. Confort Visual

Esta es una característica muy importante para mantener el buen estado de salud de las personas, la luz es el elemento esencial para ver, apreciar la forma, el color y la perspectiva de los objetos que nos rodean en nuestra vida cotidiana. Por eso es importante que se realice un correcto diseño del sistema de iluminación, se eviten deslumbramientos directos causados por la luz solar o deslumbramientos indirectos producidos por superficies reflectantes, se recomienda usar la luz natural siempre que sea posible ya que

trae mejores beneficios en el bienestar del ser humano y se debe realizar un mantenimiento preventivo a cada una de las luminarias realizando la limpieza o sustitución en caso de encontrarse en mal estado.(Silva, 2019)

4.4.9. Deslumbramiento

El deslumbramiento se produce cuando la luminancia de un objeto es mucho mayor a la del entorno, entonces los ojos no pueden adaptarse al mismo tiempo, estos cambios de luminancia provocan malestar o pérdida de visibilidad. En la Figura 15, se puede observar los dos tipos de deslumbramiento que se pueden generar, tenemos el deslumbramiento directo que se produce cuando tenemos una fuente de luz que va de manera directa a nuestros ojos, mientras que la luz indirecta se produce cuando se refleja a través de la superficie. (Farrás, 2012)

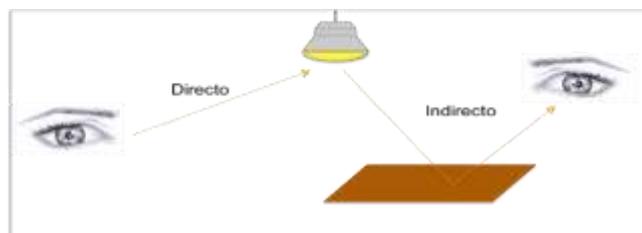


Figura 15 Deslumbramiento directo e indirecto
Fuente: (grlum, 2016)

4.5. Eficiencia energética

Cada vez que hablamos de eficiencia energética estamos hablando de usar inteligentemente la energía, reduciendo su consumo sin disminuir la calidad de vida, día a día se consume mucha energía, desde que nos levantamos hasta cuando dormimos, en la industria, la minería, en los medios de transporte y el comercio usan la energía en todos sus procesos. La energía es la capacidad de los cuerpos para usar un trabajo, permite que un cuerpo se mueva o se desplace o bien que cambie sus propiedades, la energía mueve al mundo.

4.5.1. Tipos de energía:

Renovables: Son aquellas que en sus procesos de transformación en energía útil no se consumen, ni se agotan, entre algunos tipos de esta energía tenemos la energía hidráulica, también existe la solar, oceánica o mareomotriz, geotérmica, eólica, biomasa.

No renovables: Son aquellas que en sus procesos de transformación en energía útil sí se consumen y se agotan, entre algunos tipos de energía tenemos el petróleo y sus derivados, el carbono, el gas natural estas son más utilizadas. (Javier, 2006)

4.5.2. Beneficios

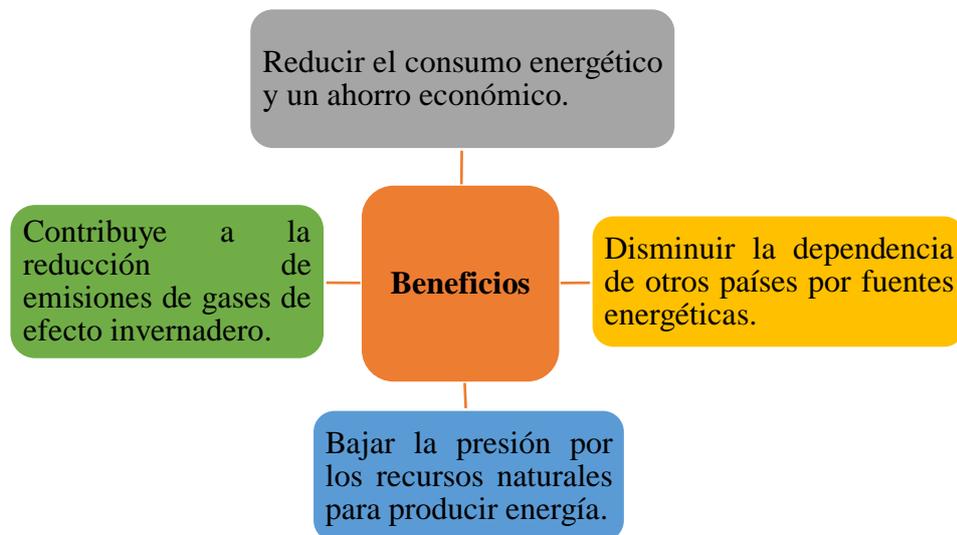


Figura 16 Beneficios de eficiencia energética
Fuente: (Llamas, 2009)

4.5.3. Recomendaciones de eficiencia energética

- Reemplazar las tecnologías convencionales por eficientes que tengan menor consumo energético y ahorro económico.
- Desconectar los equipos que no se estén utilizando, aunque estén conectados están consumiendo energía.
- Usar correctamente los equipos electrónicos y electrónicos, un uso inadecuado genera mayor consumo energético.
- Aprender a gestionar la energía

Actualmente existen empresas, organizaciones o entidades que tienen como objetivo:

- Promover, fortalecer y consolidar el uso eficiente de la energía.
- Articular a los sectores relevantes a nivel nacional e internacional.
- Contribuir al desarrollo competitivo y sustentable del país.
- Implementar iniciativas público-privadas en los sectores de consumo.

La eficiencia energética es la forma más segura, económica y limpia de utilizar la energía es el recurso más importante para la gestión eficiente de la energía, disponible para disminuir el impacto ambiental y mejorar la relación costo-beneficio para la economía del país, además permite asegurar el abastecimiento energético de un país generando un ahorro en su economía, la lucha contra el cambio climático, la reducción de gases invernaderos, implementación de tecnologías eficientes e inteligentes. (Michel, 2018)

4.6. Norma ISO 50001

Es una herramienta estratégica que ayuda a las organizaciones a manejar la energía de una forma más eficaz y eficiente, la eficiencia energética puede reducir los costos, conservar los recursos y contribuir a reducir el calentamiento global.

Según Laire (2018) afirma que “Esta norma establece los requisitos que debe tener un sistema de gestión de la energía en una organización para ayudarla a mejorar su desempeño energético, aumentar la eficiencia energética y reducir los impactos ambientales, así como incrementar sus ventajas competitivas dentro de los mercados en los que participan”.

4.6.1. Sistema de gestión de eficiencia energética (SGE)

Hace referencia al uso esquemático de herramientas de gestión y tecnología para mejorar el rendimiento energético de un establecimiento u organización, necesita ser integrada, proactiva y debería abarcar la gestión de la energía, la eficiencia energética y las energías renovables. “En términos generales un sistema de gestión de energía es la forma en que una organización gestiona las partes interrelacionadas de su negocio para alcanzar sus objetivos con el fin de mejorar su desempeño energético, motivadas a la reducción de costos y el desarrollo sustentable.” (Michel, 2018)

Con el uso del plan de eficiencia energética se busca implementar políticas de eficiencia energética estableciendo:

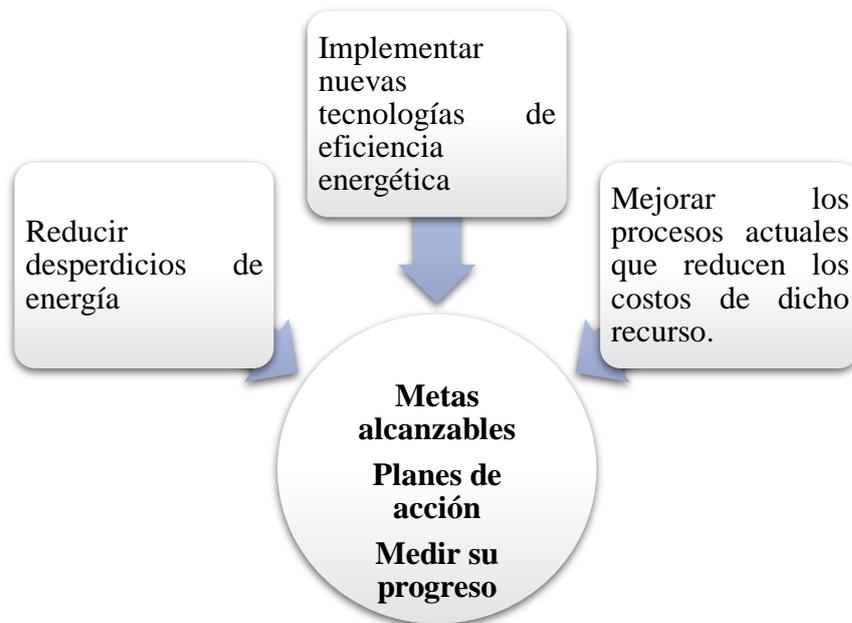


Figura 17 Metas y políticas de la norma ISO 50001
Fuente: (Michel, 2018)

La norma ISO 50001 brinda a las organizaciones un marco para desarrollar un sistema de gestión de eficiencia energética al igual que otros estándares ISO sigue el ciclo de mejora continua (PHVA) y provee ciertos requisitos que permite a las organizaciones:

- Desarrollar una política para un uso eficiente de la energía
- Establecer metas y objetivos que apoyen al cumplimiento de las políticas
- Recoger información para entender y tomar decisiones relacionadas al uso de la energía
- Mejorar los resultados obtenidos
- Revisar la efectividad de la política
- Mejorar constantemente la gestión energética.

4.6.2. Beneficios de la norma ISO 50001

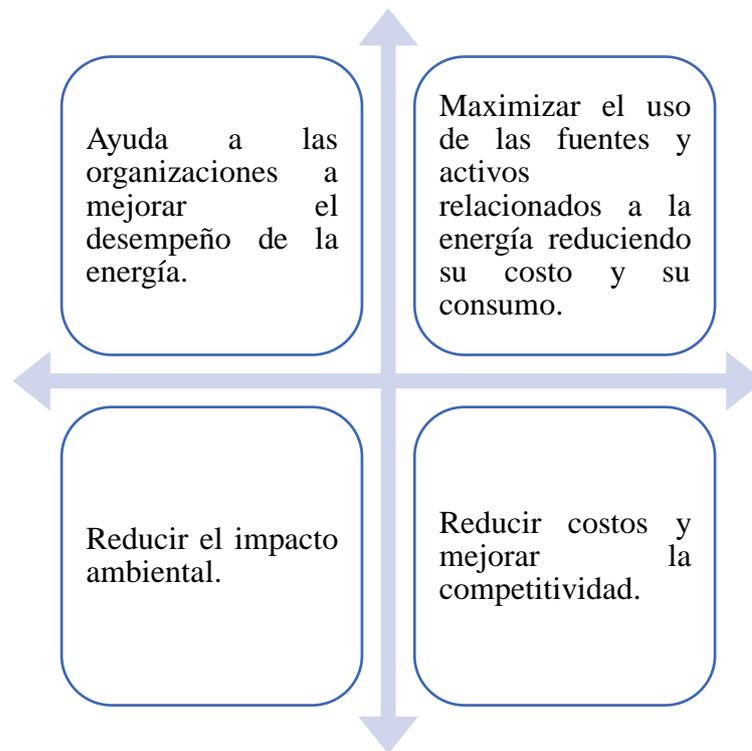


Figura 18 Beneficios de la norma ISO 50001
Fuente: (Michel, 2018)

Esta norma puede implementarse en cualquier organización del sector público y privado sin importar su tamaño, actividad o aplicación, fue revisada en el año 2018 con el objetivo de alinear su estructura de alto nivel y permitir que las organizaciones puedan integrarlo a otros sistemas de gestión implementados.

Cada año más compañías están utilizando esta norma para mejorar el uso de la energía, este estándar en conjunto con otros puede proveer energía alcanzable, moderna y sostenible para todos, además ayuda a identificar actividades en las que se gasta más energía.

Ayuda a reducir las emisiones de carbono y a limitar un incremento en la temperatura de la tierra, por lo tanto, implementar esta norma provee a organizaciones un haz bajo la manga para que cuiden sus recursos y ayuden a cuidar el planeta. (Laire M. , 2018)

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales

Se utilizó los materiales de la siguiente tabla:

Tabla 3 Materiales utilizados en las mediciones.

Materiales	
Cantidad	Descripción
2	Flexómetros
2	Luxómetros
1	Multímetro
1	Smartphone
8	Metros de plástico Negro
1	Estilete
1	Cinta
4	Pilas
8	Computador

Fuente: Propia

5.2. Metodología

En la presente investigación se utilizó el método de campo, investigativo y descriptivo:

5.2.1. Método investigativo

Se llevó a cabo la búsqueda de diferentes fuentes bibliográficas sobre temas afines de iluminación en diferentes espacios de trabajo como oficinas, aulas y otros espacios en base a las normas “INEN-11” de iluminación del Ecuador y a la norma “ISO 50001”, y se revisó los niveles de iluminación recomendados para cada una de las áreas de la FEIRNNR.

5.2.2. Método de campo y experimental.

Este método fue muy indispensable ya que permitió la recopilación de información en áreas tipo de la FEIRNNR, es decir se identificó ambientes en donde la iluminación es deficiente y se procedió a realizar las mediciones del nivel de iluminación y la evaluación del estado de las luminarias en cada uno de estos espacios. En la Tabla 4 se detalla algunas de las actividades realizadas durante el proyecto de investigación.

Tabla 4 Actividades realizadas en la investigación

No.	ACTIVIDADES	Equipos – Software
1	Medir el largo, ancho y la altura desde la superficie al puesto de trabajo de cada espacio a evaluar, estos datos permitirán calcular el índice del local (K).	Flexómetro
2	Con el índice del local determinar el número mínimo de puntos de medición (N) en cada cuadrícula de los puntos de muestreo.	Calculadora
3	Dividir el espacio a evaluar en sectores cuadrangulares en base a los números de puntos de muestreo calculados.	Flexómetro, Cinta métrica
4	Realizar la medición de los niveles de iluminación de cada una de las áreas tipo con el equipo de medición correspondiente en cada sector cuadrangular.	Luxómetro
5	Cálculo del nivel de iluminación promedio y Uniformidad del espacio de trabajo.	Calculadora
6	Diseño y simulación de algunas áreas tipo de la facultad.	Software de simulación

Fuente: Propia

Para la medición del nivel de iluminación se utilizó tres luxómetros de marca Proskit MT-4617LED, UNIT-T y I-346 con una precisión de $\pm 3\%$ (Iluminación led y fluorescentes) y un 6% (Otros sistemas de iluminación), instrumentos que se calibran de manera automática en cada punto de muestreo. En la Figura 19 se muestra la imagen de uno de los equipos (Anexo A, B y C).

Para medir la iluminancia de una superficie se debe situar el luxómetro perpendicularmente a la fuente luminosa, permitiendo la lectura digital directa de la información, para una precisión de más o menos el 3%, si tenemos una iluminación mínima de 400 lux y hemos medido 388lux le agregamos 12lux, de esta manera obtenemos el mínimo aceptable.



Figura 19 Luxómetro
Fuente: (Dayton, 2017)

5.2.2.1. Cálculo del mínimo de puntos de medición (N)

Existe una relación que permite calcular el número mínimo de puntos de medición a partir del índice de local (Room Index, RI), aplicable al interior analizado:

$$\text{Índice de local (RI)} = \frac{\text{Longitud} \times \text{Anchura}}{\text{Altura de montaje} \times (\text{Longitud} + \text{Anchura})} \quad (5)$$

La anchura y la longitud son las dimensiones del área a medir y la altura del montaje es la distancia entre el centro de la fuente de luz y el plano de trabajo. Este índice del local permitirá calcular el número mínimo de puntos de medición (N) en cada cuadrícula de los puntos de muestreo.

$$N = (X + 2)^2 \quad (5)$$

En donde X es el índice K truncado al entero, una vez calculado N se procede a medir los niveles de iluminación de cada punto de muestreo.

5.2.2.2. Cálculo de la iluminancia promedio y Uniformidad.

Con los valores medidos de cada punto (N) se calcula el nivel de iluminación promedio E_m de cada área o espacio de trabajo y se procede a calcular la uniformidad de la iluminancia, en donde se debe cumplir:

$$E_m > E_{norma} \quad (6)$$

$$E_{min} \geq E_m/2 \quad (7)$$

La fórmula 6 indica la iluminación promedio, mientras que la fórmula 7, indica la uniformidad de la iluminación en un espacio, estas dos condiciones deben cumplirse para mantener una buena calidad de iluminación.

Este método está basado en AHRA (Asociación de Higienistas Ocupacionales y Ambientales en la República Argentina que indican el proceso y los parámetros necesarios para la medición de iluminación por el método de cuadrícula según Res SRT N° 84/12.

5.2.3. Método descriptivo

Se utilizó este método para organizar, resumir, tabular y analizar la información recolectada en el proceso de medición, se desarrolló graficas que permitan el análisis y estudio de la información, se detalla en tablas y/o graficas el consumo energético, el estado de los sistemas de iluminación y los niveles recomendados para cada uno de los espacios de la FEIRNNR.

6. RESULTADOS

6.1. Realizar una auditoría energética de las dependencias de la Facultad de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables.

El presente estudio inicia con la recopilación de información de los diferentes elementos o portadores energéticos (tomacorrientes, total de luminarias, la potencia de consumo de equipos (motores eléctricos, PCs, equipos de redes, osciloscopios, etc.)) instalados en aulas, oficinas, laboratorios, salas de grados, sala de docentes, entre otros, esta auditoría se realizó desde noviembre a diciembre del 2020, a fin de tener una idea sobre el consumo que significa el uso de estos elementos energéticos en la FEIRNNR. Con la finalidad de que se entienda de mejor manera, a continuación, se presenta en la Figura 20 el plano arquitectónico de las áreas de análisis identificadas de color azul.



Figura 20 FEIRNNR dividida en bloques
Fuente: Proyecto SMART UNL

6.1.1. Medidas experimentales

Tabla 5 Información recopilada de la auditoría.

Año	Campus y Facultad	Edificio / Bloque	Piso / Sector / Ala	Aula / oficina / Ambiente	Elemento	Secuencia	Nombre	Código	Observaciones
2020	AFEIRNNR	A2	P4	1	TF	001	CUBÍCULOS DE DOCENCIA	AFEIRNNR-A2-P4-1-TF-001	
2020	AFEIRNNR	A2	P4	1	FF	001	CUBÍCULOS DE DOCENCIA	AFEIRNNR-A2-P4-1-FF-001	
2020	AFEIRNNR	A2	P4	1	FF	002	CUBÍCULOS DE DOCENCIA	AFEIRNNR-A2-P4-1-FF-002	
2020	AFEIRNNR	A2	P4	1	FF	003	CUBÍCULOS DE DOCENCIA	AFEIRNNR-A2-P4-1-FF-003	
2020	AFEIRNNR	A2	P4	1	FF	004	CUBÍCULOS DE DOCENCIA	AFEIRNNR-A2-P4-1-FF-004	
2020	AFEIRNNR	A2	P4	1	FF	005	CUBÍCULOS DE DOCENCIA	AFEIRNNR-A2-P4-1-FF-005	
2020	AFEIRNNR	A2	P4	1	UP	001	CUBÍCULOS DE DOCENCIA	AFEIRNNR-A2-P4-1-UP-001	
2020	AFEIRNNR	A2	P4	1	UP	002	CUBÍCULOS DE DOCENCIA	AFEIRNNR-A2-P4-1-UP-002	

2020	AFEIRNNR	A2	P4	LF	001	CENTRO DE MONITOREO DE ENERGÍAS RENOVABLES	AFEIRNNR-A2-P4--LF-001	LÁMPARAS FLUORESCENTES 3U
2020	AFEIRNNR	A2	P4	LF	002	CENTRO DE MONITOREO DE ENERGÍAS RENOVABLES	AFEIRNNR-A2-P4--LF-002	LÁMPARAS FLUORESCENTES 3U
2020	AFEIRNNR	A2	P4	TC	001	CENTRO DE MONITOREO DE ENERGÍAS RENOVABLES	AFEIRNNR-A2-P4--TC-001	MONOFÁSICOS
2020	AFEIRNNR	A2	P4	TC	002	CENTRO DE MONITOREO DE ENERGÍAS RENOVABLES	AFEIRNNR-A2-P4--TC-002	MONOFÁSICOS
2020	AFEIRNNR	A2	P4	TC	003	CENTRO DE MONITOREO DE ENERGÍAS RENOVABLES	AFEIRNNR-A2-P4--TC-003	MONOFÁSICOS
2020	AFEIRNNR	A2	P4	TC	004	CENTRO DE MONITOREO DE ENERGÍAS RENOVABLES	AFEIRNNR-A2-P4--TC-004	MONOFÁSICOS
2020	AFEIRNNR	A2	P4	IM	001	CENTRO DE MONITOREO DE ENERGÍAS RENOVABLES	AFEIRNNR-A2-P4--IM-001	
2020	AFEIRNNR	A2	P4	CF	001	CENTRO DE MONITOREO DE ENERGÍAS RENOVABLES	AFEIRNNR-A2-P4--CF-001	

2020	AFEIRNNR	A2	P4		TS	001	CENTRO DE MONITOREO DE ENERGÍAS RENOVABLES	AFEIRNNR-A2-P4--TS-001	
2020	AFEIRNNR	A2	P4	PS	LF	001	PASILLO	AFEIRNNR-A2-P4-PS-LF-001	LÁMPARAS FLUORESCENTES 3U
2020	AFEIRNNR	A2	P4	PS	LF	002	PASILLO	AFEIRNNR-A2-P4-PS-LF-002	LÁMPARAS FLUORESCENTES 3U
2020	AFEIRNNR	A2	P4	PS	LF	003	PASILLO	AFEIRNNR-A2-P4-PS-LF-003	LÁMPARAS FLUORESCENTES 3U
2020	AFEIRNNR	A2	P4	PS	CV	001	PASILLO	AFEIRNNR-A2-P4-PS-CV-001	
2020	AFEIRNNR	A3	P1	2	TC	001	AULA - CLUB DE ROBÓTICA	AFEIRNNR-A3-P1-2-TC-001	MONOFÁSICOS
2020	AFEIRNNR	A3	P1	2	TC	002	AULA - CLUB DE ROBÓTICA	AFEIRNNR-A3-P1-2-TC-002	MONOFÁSICOS
2020	AFEIRNNR	A3	P1	2	TC	003	AULA - CLUB DE ROBÓTICA	AFEIRNNR-A3-P1-2-TC-003	MONOFÁSICOS
2020	AFEIRNNR	A3	P1	2	TC	004	AULA - CLUB DE ROBÓTICA	AFEIRNNR-A3-P1-2-TC-004	MONOFÁSICOS

Fuente: Proyecto SMART UNL

En la Tabla 5 se presenta parte de levantamiento de la información recopilada durante el desarrollo de la auditoria, que corresponde al bloque A2 y A3, esta información se obtuvo de cada uno de los bloques (representados de color azul) descritos en la Figura 20.



Figura 21 Medición de variable eléctrica de tomacorriente
Fuente: Propia



Figura 22 Foto tomacorriente en mal estado
Fuente: Propia



Figura 23 Estado actual de luminaria de los laboratorios de Geología.
Fuente: Propia

6.1.2. Diagnóstico de la situación

En base al levantamiento de la información se presenta las siguientes observaciones:

- Existen lámparas que cuentan con algunos tubos en mal estado (dañados), se recomienda el mantenimiento o reemplazo inmediato de la luminaria y se realice una revisión técnica de los balastos en las lámparas fluorescentes.
- Algunas dependencias de la FEIRNNR cuentan con luminarias incandescentes, por lo tanto, su reemplazo inmediato por una tecnología más eficiente permite la conservación de la energía y promueve la eficiencia energética.
- En algunos bloques existen algunos elementos energéticos que se encuentran deteriorados e incluso parte de ellos se encuentran con signos de cortocircuito, se debe realizar un mantenimiento correctivo y/o preventivo a fin de evitar accidentes laborales.
- En la mayoría de las dependencias principalmente en las aulas y oficinas administrativas los elementos energéticos no se encuentran etiquetados, se recomienda hacerlo con el fin de llevar un control de estos de manera correcta y ordenada.

6.1.3. Valores de variables eléctricas medidas en la facultad

Esta auditoría realizada en la FEIRNNR permitirá evaluar el consumo y la potencia de la energía utilizada en cada uno de los bloques, en la Tabla 6 se detalla la ubicación, el código único y el número de medidores de consumo instalados dentro de la facultad de energía.

Tabla 6. Descripción de medidores de FEIRNNR

Ubicación	Cod CUEN	# Medidor
Decanato	1800369710	26176
M.E. Distancia	1803244787	225180
Edificio A2	1803244894	33614

Fuente: Proyecto Smart UNL

Se busca implementar alternativas eficientes que optimicen el rendimiento y disminuyan el consumo de la energía, en la Figura 20 se puede observar en el plano arquitectónico la ubicación exacta de estos elementos activos (medidores de consumo).

Una vez cubierta la fase de recopilación de información se realizó la fase de análisis de la misma, de tal manera que permita encontrar observaciones y falencias en el sistema energético de la FEIRNNR y se pueda emplear nuevas tecnologías o métodos que permitan detectar donde se pierde la energía o su uso es inadecuado.

6.1.3.1. Consumo total de medidores

En la Tabla 7 se muestra la suma del consumo mínimo y el máximo de energía de cada medidor ubicado en la FEIRNNR desde el año 2013 al 2020, en donde el color verde indica el valor máximo mientras que el color naranja indica el valor mínimo de consumo.

Tabla 7 Suma de consumo FEIRNNR por cada año por medidor

Código único/ eléctrico Nacional	(Varios elementos)															
Suma de Consumo kWh	Etiquetas de columna															
Etiquetas de fila	▼ Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total general			
2013																
26176	1475.00	2208.00	975.00	1763.00	2058.00	2269.00	2320.00	1467.00	1564.00	2274.00	2119.00	2417.00	22909.00			
33614	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
225180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			22909.00
2014																
26176	1540.00	1798.00	2241.00	2094.00	2173.00	1921.00	1941.00	2323.00	1104.00	1718.00	2155.00	2327.00	23335.00			
33614	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
225180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			23335.00
2015																
26176	1748.00	1548.00	1979.00	2858.00	2077.00	2201.00	2123.00	1846.00	1770.00	1681.00	2063.00	1729.00	23623.00			
33614	0.00	0.00	0.00	1898.00	2979.00	3242.00	3225.00	3640.00	2306.00	2688.00	3178.00	2858.00	26014.00			
225180	0.00	1796.00	2902.00	4044.00	2989.00	3573.00	3505.00	3645.00	3182.00	2912.00	3401.00	2957.00	34906.00			84543.00
2016																
26176	1723.00	1878.00	1867.00	2093.00	1759.00	1881.00	1894.00	1721.00	1779.00	1779.00	1654.00	1742.00	21570.00			
33614	3051.00	3619.00	4022.00	3500.00	3304.00	3792.00	4183.00	4129.00	4144.00	2904.00	3392.00	3370.00	43410.00			
225180	3006.00	2961.00	3066.00	3723.00	3246.00	3595.00	3563.00	3239.00	3347.00	3347.00	2455.00	3117.00	38665.00			103645.00
2017																
26176	1358.00	1463.00	1442.00	1678.00	1708.00	1491.00	1683.00	1654.00	1883.00	1183.00	1349.00	1714.00	18616.00			
33614	2680.00	2902.00	3223.00	3194.00	3095.00	3583.00	3743.00	3950.00	3870.00	2642.00	2953.00	3146.00	38961.00			
225180	2708.00	1717.00	1899.00	2308.00	2742.00	2352.00	2570.00	2536.00	2954.00	1890.00	2257.00	2632.00	28565.00			86142.00
2018																
26176	1647.00	993.00	992.00	2112.00	1473.00	1586.00	1746.00	1923.00	1878.00	1929.00	1885.00	1245.00	19388.00			
33614	2510.00	3328.00	3083.00	4094.00	3083.00	3839.00	4383.00	4503.00	4555.00	3377.00	3674.00	4629.00	45158.00			
225180	2765.00	2162.00	2161.00	3075.00	2887.00	2484.00	2916.00	2875.00	3058.00	3127.00	2589.00	2747.00	32946.00			87492.00
2019																
26176	1529.00	1794.00	1688.00	2049.00	1898.00	1763.00	1903.00	1962.00	2005.00	2271.00	1310.00	1927.00	22089.00			
33614	3811.00	4852.00	4063.00	4453.00	5173.00	2995.00	4934.00	5071.00	4865.00	2547.00	3758.00	4172.00	50892.00			
225180	2747.00	2562.00	2697.00	3212.00	2911.00	2582.00	2581.00	2582.00	2465.00	2973.00	2295.00	2529.00	32136.00			104927.00
2020																
26176	1863.00	1217.00	2167.00	2014.00	2081.00	0.00	0.00	1.00	1256.00	539.00	593.00	645.00	12388.00			
33614	3527.00	4228.00	3844.00	3843.00	3843.00	0.00	836.00	1643.00	1732.00	1683.00	2213.00	1991.00	29183.00			
225180	2444.00	1830.00	2315.00	2434.00	2515.00	1023.00	1028.00	1230.00	1143.00	1132.00	1136.00	1340.00	19570.00			61119.00
Total general	42112.00	44656.00	48826.00	56439.00	53894.00	46272.00	50877.00	52040.00	50860.00	44605.00	46397.00	49234.00	584112.00			584112.00

Fuente: Proyecto Smart UNL

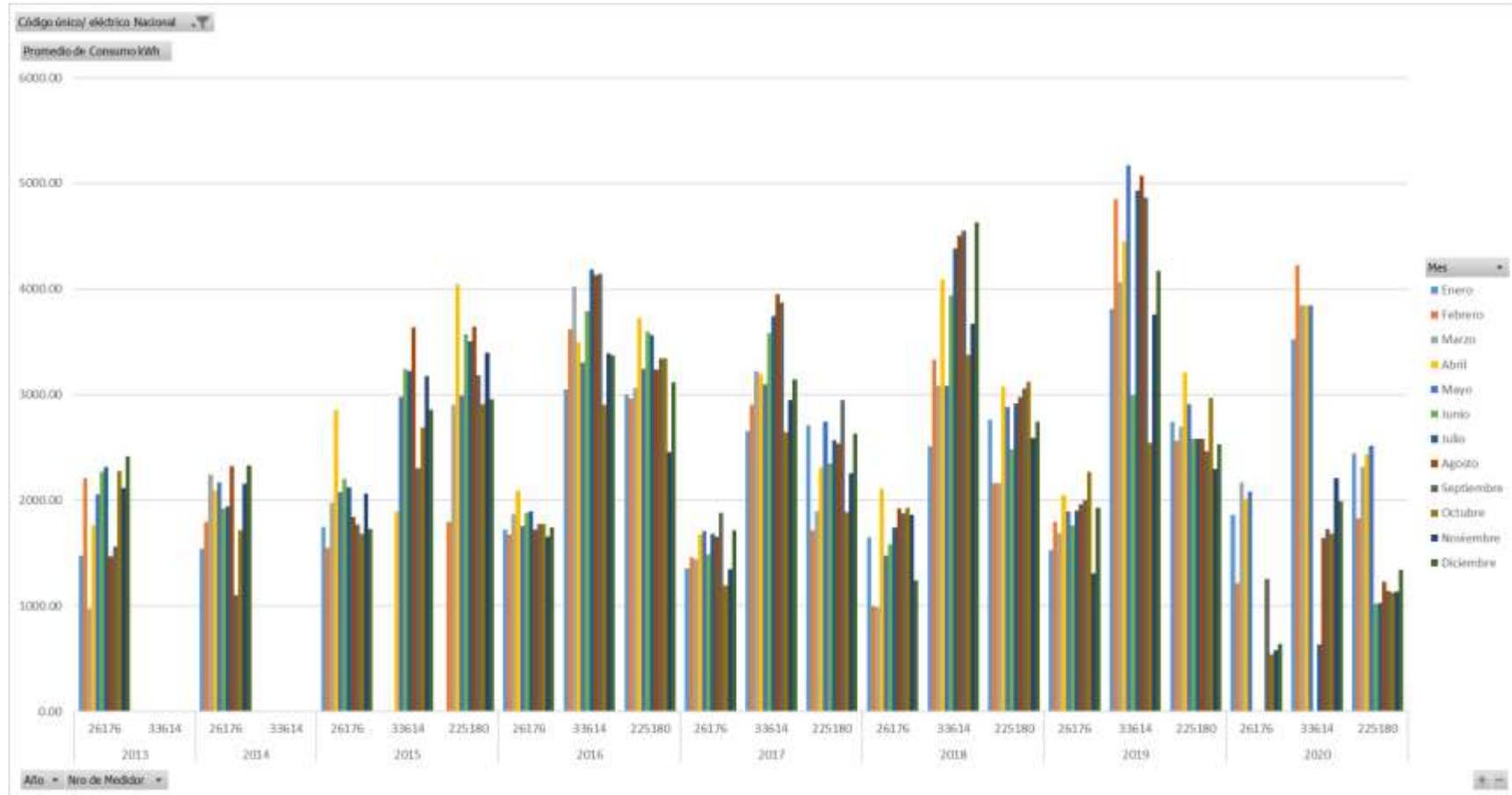
En la Tabla 8 se realizó el promedio de consumo de energía de cada uno de los medidores utilizados por la FEIRNNR desde el 2013 al 2020.

Tabla 8 Promedio de consumo FEIRNNR por año por medidor

Código único/ eléctrico Nacional	(Varios elementos)														
Promedio de Consumo kWh	Etiquetas de columna														
Etiquetas de fila	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total general		
2013															
26176	1475.00	2208.00	975.00	1763.00	2058.00	2269.00	2320.00	1467.00	1564.00	2274.00	2119.00	2417.00	1909.08		
33614	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2014															
26176	1540.00	1798.00	2241.00	2094.00	2173.00	1921.00	1941.00	2323.00	1104.00	1718.00	2155.00	2327.00	1944.58		
33614	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2015															
26176	1748.00	1548.00	1979.00	2858.00	2077.00	2201.00	2123.00	1846.00	1770.00	1681.00	2063.00	1729.00	1968.58		
33614	0.00	0.00	0.00	1898.00	2979.00	3242.00	3225.00	3640.00	2306.00	2688.00	3178.00	2858.00	2167.83		
225180	0.00	1796.00	2902.00	4044.00	2989.00	3573.00	3505.00	3645.00	3182.00	2912.00	3401.00	2957.00	2908.83		
2016															
26176	1723.00	1678.00	1867.00	2093.00	1759.00	1881.00	1894.00	1721.00	1779.00	1779.00	1654.00	1742.00	1797.50		
33614	3051.00	3619.00	4022.00	3500.00	3304.00	3792.00	4183.00	4129.00	4144.00	2904.00	3392.00	3370.00	3617.50		
225180	3006.00	2961.00	3066.00	3723.00	3246.00	3595.00	3563.00	3239.00	3347.00	3347.00	2455.00	3117.00	3222.08		
2017															
26176	1358.00	1463.00	1442.00	1678.00	1708.00	1491.00	1683.00	1654.00	1883.00	1193.00	1349.00	1714.00	1551.33		
33614	2660.00	2902.00	3223.00	3194.00	3095.00	3583.00	3743.00	3950.00	3870.00	2642.00	2953.00	3146.00	3246.75		
225180	2708.00	1717.00	1899.00	2308.00	2742.00	2352.00	2570.00	2536.00	2954.00	1890.00	2257.00	2632.00	2380.42		
2018															
26176	1647.00	993.00	992.00	2112.00	1473.00	1586.00	1746.00	1923.00	1878.00	1928.00	1865.00	1245.00	1615.67		
33614	2510.00	3328.00	3083.00	4094.00	3083.00	3939.00	4383.00	4503.00	4555.00	3377.00	3674.00	4629.00	3763.17		
225180	2765.00	2162.00	2161.00	3075.00	2887.00	2484.00	2916.00	2975.00	3058.00	3127.00	2589.00	2747.00	2745.50		
2019															
26176	1529.00	1794.00	1688.00	2049.00	1898.00	1763.00	1903.00	1962.00	2005.00	2271.00	1310.00	1927.00	1841.58		
33614	3811.00	4852.00	4063.00	4453.00	5173.00	2995.00	4934.00	5071.00	4865.00	2547.00	3756.00	4172.00	4224.33		
225180	2747.00	2562.00	2697.00	3212.00	2911.00	2582.00	2581.00	2582.00	2465.00	2973.00	2295.00	2529.00	2678.00		
2020															
26176	1863.00	1217.00	2167.00	2014.00	2081.00	0.00	0.00	1.00	1256.00	539.00	583.00	645.00	1030.50		
33614	3527.00	4228.00	3844.00	3843.00	3843.00	0.00	636.00	1643.00	1732.00	1683.00	2213.00	1991.00	2431.92		
225180	2444.00	1830.00	2315.00	2434.00	2515.00	1023.00	1028.00	1230.00	1143.00	1132.00	1136.00	1340.00	1630.83		
Total general	1914.18	2029.82	2119.36	2565.41	2454.27	2103.27	2312.59	2365.45	2311.82	2027.50	2108.95	2237.91	2212.55		

Fuente: Proyecto Smart UNL

Figura 24 Gráfico suma de consumo FEIRNNR por medidor



Fuente: Proyecto Smart UNL

En la Tabla 9 se hace un resumen en base a la Tabla 7 y la Tabla 8, se identificó los consumos máximos y mínimos correspondientes a cada año de los medidores de consumo descritos en la Tabla 6.

Tabla 9 Consumos máximo y mínimo de energía de FEIRNNR.

Año	Medidor	Mes	Máximo (kWh)	Medidor	Mes	Mínimo (kWh)
2013	26167	Diciembre	2417	26167	Marzo	975
2014	26167	Diciembre	2327	26167	Noviembre	1654
2015	33614	Agosto	4183	26167	Noviembre	1654
2016	33614	Agosto	4183	26167	Noviembre	1654
2017	33614	Agosto	3950	26167	Noviembre	1349
2018	33614	Diciembre	4629	26167	Marzo	992
2019	33614	Mayo	5173	26176	Noviembre	1310

Fuente: Proyecto Smart UNL

6.1.3.2. Consumo por medidor

A continuación, se detalla el consumo energético de cada medidor de la FEIRNNR.

Medidor de energía #26176

Tabla 10 Descripción de medidor # 25176

Ubicación	Cod CUEN	Medidor
Decanato	1800369710	26176

Fuente: Proyecto Smart UNL

En la Figura 25 se presenta una gráfica de barras en donde se hace un detalle del consumo energético del medidor desde el año 2013 al 2019.

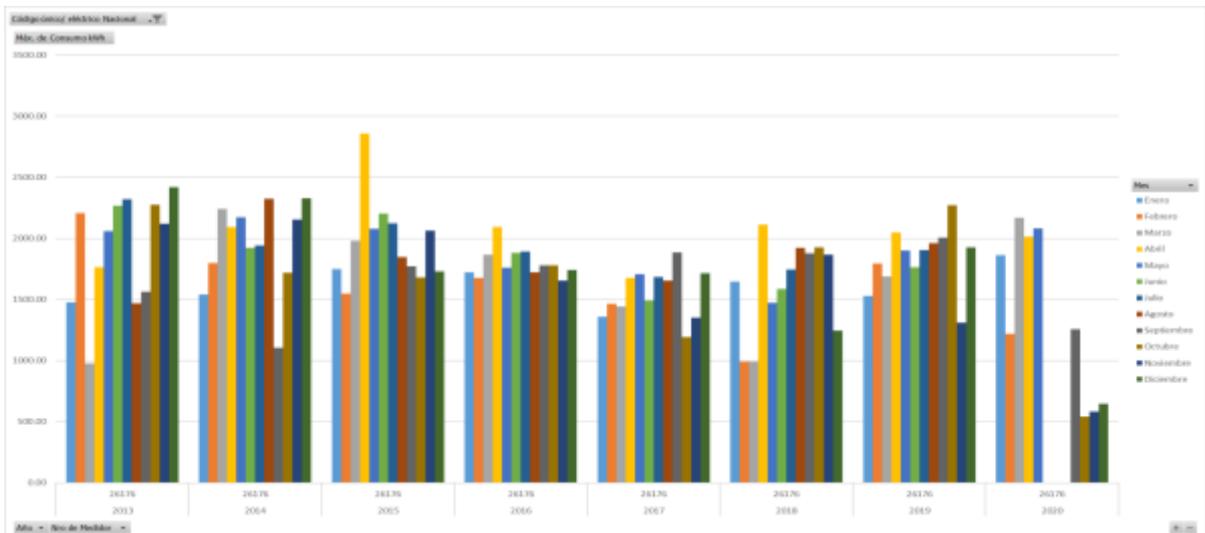


Figura 25 Gráfico máximo consumo FEIRNNR – por CUEN # 1800369710 medidor #26176

Fuente: Proyecto Smart UNL

En la Tabla 11 se detalla el consumo energético desde el año 2013 al 2020 resaltando el mínimo y el máximo valor en kilovatios/hora, mientras que en la Tabla 12 se detalla el nivel de kilovatio/hora indicando el mínimo y el máximo de cada mes.

Tabla 11 Mínimo y máximo consumo de medidor #26176 de la FEIRNNR

Código único/ eléctrico Nacional														
1800369710														
Máx. de Consumo kWh		Etiquetas de columna												
Etiquetas de fila		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total general
2013	26176	1475.00	2208.00	975.00	1763.00	2058.00	2269.00	2320.00	1467.00	1564.00	2274.00	2119.00	2417.00	2417.00
2014	26176	1540.00	1798.00	2241.00	2094.00	2173.00	1921.00	1941.00	2323.00	1104.00	1718.00	2155.00	2327.00	2327.00
2015	26176	1748.00	1548.00	1979.00	2858.00	2077.00	2201.00	2123.00	1846.00	1770.00	1681.00	2063.00	1729.00	2858.00
2016	26176	1723.00	1678.00	1867.00	2093.00	1759.00	1881.00	1894.00	1721.00	1779.00	1779.00	1654.00	1742.00	2093.00
2017	26176	1358.00	1463.00	1442.00	1678.00	1708.00	1491.00	1683.00	1654.00	1883.00	1193.00	1349.00	1714.00	1883.00
2018	26176	1647.00	993.00	992.00	2112.00	1473.00	1586.00	1746.00	1923.00	1878.00	1928.00	1865.00	1245.00	2112.00
2019	26176	1529.00	1794.00	1688.00	2049.00	1898.00	1763.00	1903.00	1962.00	2005.00	2271.00	1310.00	1927.00	2271.00
2020	26176	1863.00	1217.00	2167.00	2014.00	2081.00	0.00	0.00	1.00	1256.00	539.00	583.00	645.00	2167.00
Total general		1863.00	2208.00	2241.00	2858.00	2173.00	2269.00	2320.00	2323.00	2005.00	2274.00	2155.00	2417.00	2858.00

Fuente: Proyecto Smart UNL

Tabla 12 Consumos máximo y mínimo de energía de FEIRNNR de medidor #26176

Año	Medidor	Mes	Máximo (kWh)	Medidor	Mes	Mínimo (kWh)
2013	369710	Diciembre	2417	369710	Marzo	975
2014	369710	Diciembre	2327	369710	Septiembre	1104
2015	369710	Abril	2858	369710	Febrero	1548
2016	369710	Abril	2093	369710	Noviembre	1654
2017	369710	Septiembre	1883	369710	Octubre	1193
2018	369710	Abril	2112	369710	Febrero	992
2019	369710	Octubre	2271	369710	Noviembre	1310

Fuente: Proyecto Smart UNL

El mayor consumo registrado para este medidor es en el año 2015 con 23623 KW/h, mientras que el año de menor consumo es el 2017 con 18616 KW/h.

Medidor de energía #225180

En la Tabla 13 se detalla información del medidor #225180 con código único 1803244787 ubicado en MED.

Tabla 13 Descripción de medidor # 225180

Ubicación	Cod CUEN	Medidor
M.E. D	1803244787	225180

Fuente: Proyecto Smart UNL

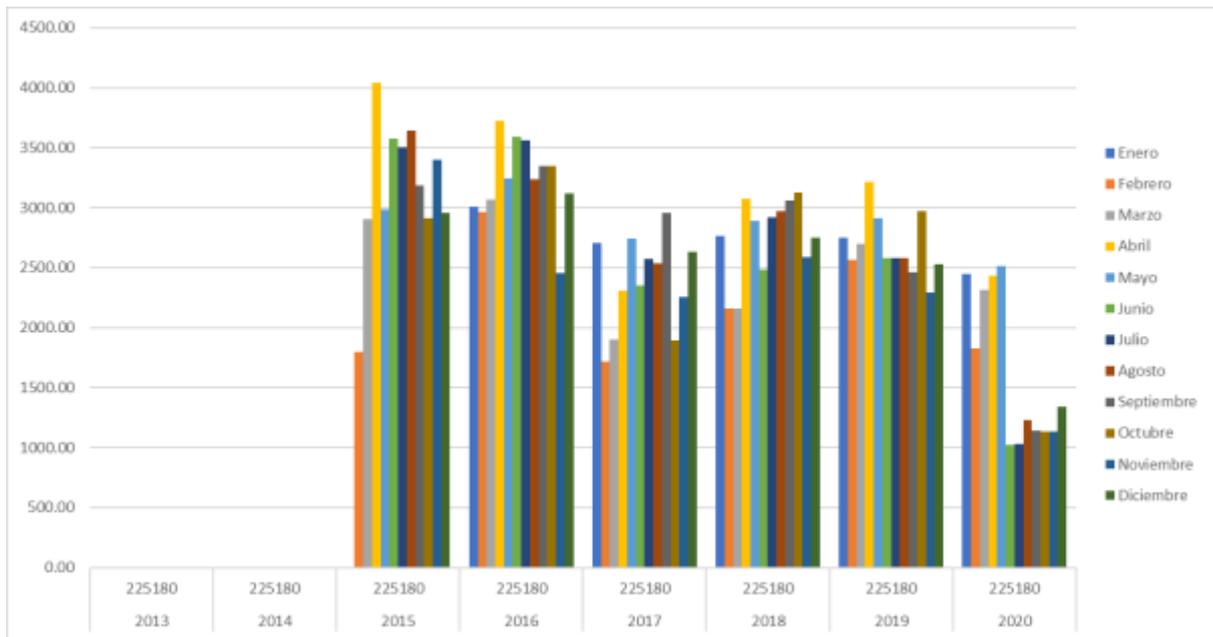


Figura 26 Gráfico máximo consumo FEIRNNR – por CUEN # 1803244787 medidor 225180

Fuente: Proyecto Smart UNL

En la Figura 26 se presenta una gráfica del consumo del medidor de energía #225180 ubicado en la MED, mientras que en la Tabla 14 se presenta los valores máximos y mínimos de consumo de cada mes desde el año 2013 al 2019.

Finalmente, el año mayor de consumo registrado para este medidor es el 2016 con 38665 kWh, mientras que el año de menor consumo es en el 2017 con 28565 kWh, resultado que se muestra en la Tabla 16.

Tabla 14 Mínimo y máximo consumo de medidor #225180 de la FEIRNNR

Código único/ eléctrico Nacional	(Varios elementos)													
Máx. de Consumo kWh	Etiquetas de columna													
Etiquetas de fila	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total general	
2013														
225180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2014														
225180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2015														
225180	0.00	1796.00	2902.00	4044.00	2989.00	3573.00	3505.00	3645.00	3182.00	2912.00	3401.00	2957.00	4044.00	
2016														
225180	3006.00	2961.00	3066.00	3723.00	3246.00	3595.00	3563.00	3239.00	3347.00	3347.00	2455.00	3117.00	3723.00	
2017														
225180	2708.00	1717.00	1899.00	2308.00	2742.00	2352.00	2570.00	2536.00	2954.00	1890.00	2257.00	2632.00	2954.00	
2018														
225180	2765.00	2162.00	2161.00	3075.00	2887.00	2484.00	2916.00	2975.00	3058.00	3127.00	2589.00	2747.00	3127.00	
2019														
225180	2747.00	2562.00	2697.00	3212.00	2911.00	2582.00	2581.00	2582.00	2465.00	2973.00	2295.00	2529.00	3212.00	
2020														
225180	2444.00	1830.00	2315.00	2434.00	2515.00	1023.00	1028.00	1230.00	1143.00	1132.00	1136.00	1340.00	2515.00	
Total general	3006.00	2961.00	3066.00	4044.00	3246.00	3595.00	3563.00	3645.00	3347.00	3347.00	3401.00	3117.00	4044.00	

Fuente: Proyecto Smart UNL

Tabla 15 Consumos máximo y mínimo de energía de FEIRNNR de medidor #225180

Año	Medidor	Mes	Máximo (kWh)	Medidor	Mes	Mínimo (kWh)
2013			No estaba habilitado			
2014			No estaba habilitado			
2015	225180	Abril	4044	225180	Febrero	1796
2016	225180	Abril	3723	225180	Noviembre	2455
2017	225180	Septiembre	2954	225180	Febrero	1717
2018	225180	Octubre	3127	225180	Marzo	2161
2019	225180	Abril	3212	225180	Noviembre	2295

Fuente: Proyecto Smart UNL

Tabla 16 Suma de consumo FEIRNNR por año por CUEN # 1803244787 medidor 225180

Código único/ eléctrico Nacional	(Varios elementos)													
Suma de Consumo kWh	Etiquetas de columna													
Etiquetas de fila	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total general	
2013														
225180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2014														
225180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2015														
225180	0.00	1796.00	2902.00	4044.00	2989.00	3573.00	3505.00	3645.00	3182.00	2912.00	3401.00	2957.00	34906.00	
2016														
225180	3006.00	2961.00	3066.00	3723.00	3246.00	3595.00	3563.00	3239.00	3347.00	3347.00	2455.00	3117.00	38665.00	
2017														
225180	2708.00	1717.00	1899.00	2308.00	2742.00	2352.00	2570.00	2536.00	2954.00	1890.00	2257.00	2632.00	28565.00	
2018														
225180	2765.00	2162.00	2161.00	3075.00	2887.00	2484.00	2916.00	2975.00	3058.00	3127.00	2589.00	2747.00	32946.00	
2019														
225180	2747.00	2562.00	2697.00	3212.00	2911.00	2582.00	2581.00	2582.00	2465.00	2973.00	2295.00	2529.00	32136.00	
2020														
225180	2444.00	1830.00	2315.00	2434.00	2515.00	1023.00	1028.00	1230.00	1143.00	1132.00	1136.00	1340.00	19570.00	
Total general	13670.00	13028.00	15040.00	18796.00	17290.00	15609.00	16163.00	16207.00	16149.00	15381.00	14133.00	15322.00	186788.00	

Fuente: Proyecto Smart UNL

Medidor de energía # 33614

En la Tabla 17 se describe el medidor #33614 resaltando el código único # 1803244894 ubicado en el edificio A2.

Tabla 17 Descripción de medidor # 33614

Ubicación	Cod CUEN	Medidor
Edificio A2	1803244894	33614

Fuente: Proyecto Smart UNL

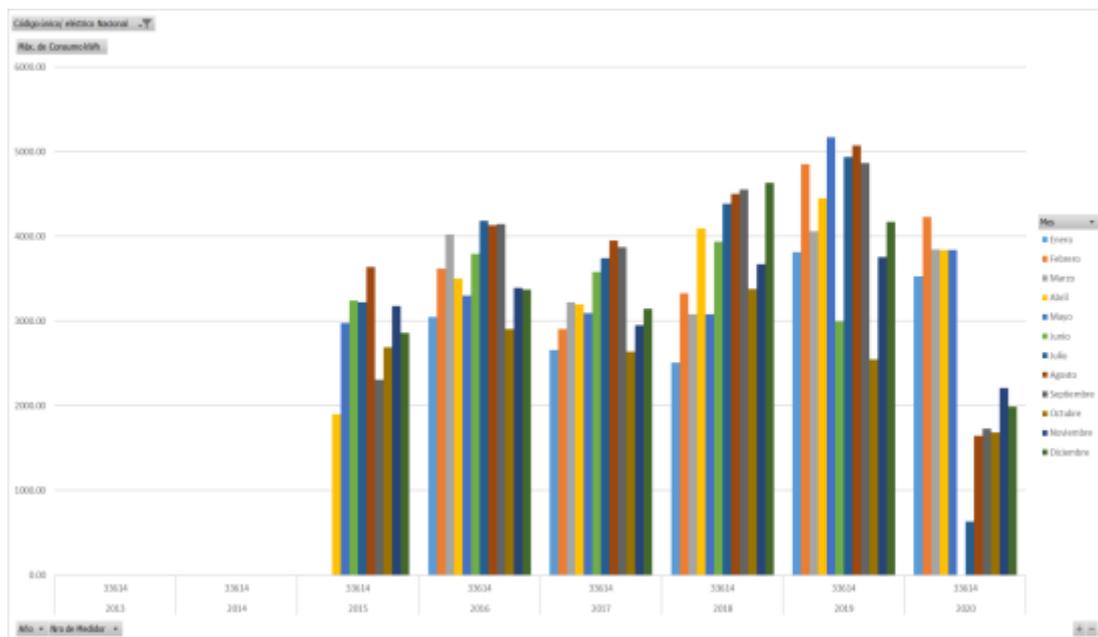


Figura 27 Gráfico máximo consumo FEIRNNR – por CUEN # 180324489 medidor 33614

Fuente: Proyecto Smart UNL

En la Figura 27 se presenta la gráfica del consumo del medidor #33614 ubicado en el edificio A2, mientras que en la Tabla 18 se presenta los valores máximos y mínimos de consumo de cada mes desde el año 2013 al 2019.

Finalmente, el año de mayor consumo registrado para este medidor es del año 2019 con 50692kWh, mientras que el año de menor consumo es en el 2015 con 26014kWh, resultado que se muestra en la Tabla 20.

Tabla 18 Mínimo y máximo consumo de medidor #33614 de la FEIRNNR

Código único/ eléctrico Nacional														
1803244894														
Máx. de Consumo kWh		Etiquetas de columna												
Etiquetas de fila		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total general
2013	33614	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2014	33614	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2015	33614	0.00	0.00	0.00	1898.00	2979.00	3242.00	3225.00	3640.00	2306.00	2688.00	3178.00	2858.00	3640.00
2016	33614	3051.00	3619.00	4022.00	3500.00	3304.00	3792.00	4183.00	4129.00	4144.00	2904.00	3392.00	3370.00	4183.00
2017	33614	2660.00	2902.00	3223.00	3194.00	3095.00	3583.00	3743.00	3950.00	3870.00	2642.00	2953.00	3146.00	3950.00
2018	33614	2510.00	3328.00	3083.00	4094.00	3083.00	3939.00	4383.00	4503.00	4555.00	3377.00	3674.00	4629.00	4629.00
2019	33614	3811.00	4852.00	4063.00	4453.00	5173.00	2995.00	4934.00	5071.00	4865.00	2547.00	3756.00	4172.00	5173.00
2020	33614	3527.00	4228.00	3844.00	3843.00	3843.00	0.00	636.00	1643.00	1732.00	1683.00	2213.00	1991.00	4228.00
Total general		3811.00	4852.00	4063.00	4453.00	5173.00	3939.00	4934.00	5071.00	4865.00	3377.00	3756.00	4629.00	5173.00

Fuente: Proyecto Smart UNL

Tabla 19 Consumo máximo y mínimo de energía de FEIRNNR de medidor #33614

Año	Medidor	Mes	Máximo (kWh)	Medidor	Mes	Mínimo (kWh)
2013			No estaba habilitado			
2014			No estaba habilitado			
2015	33614	Agosto	3640	33614	Abril	2904
2016	33614	Julio	4183	33614	Octubre	2904
2017	33614	Agosto	3950	33614	Octubre	2642
2018	33614	Diciembre	4629	33614	Enero	2510
2019	33614	Febrero	5173	33614	Octubre	2547

Fuente: Proyecto Smart UNL

Tabla 20. Suma de consumo de la FEIRNNR por año por CUEN # 1803244894 medidor 33614

Código único/ eléctrico Nacional	1803244894														
Suma de Consumo kWh	Etiquetas de columna														
Etiquetas de fila	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total general		
2013 33614	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2014 33614	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2015 33614	0.00	0.00	0.00	1898.00	2979.00	3242.00	3225.00	3640.00	2306.00	2688.00	3178.00	2858.00	26014.00		
2016 33614	3051.00	3619.00	4022.00	3500.00	3304.00	3792.00	4183.00	4129.00	4144.00	2904.00	3392.00	3370.00	43410.00		
2017 33614	2660.00	2902.00	3223.00	3194.00	3095.00	3583.00	3743.00	3950.00	3870.00	2642.00	2953.00	3146.00	38961.00		
2018 33614	2510.00	3328.00	3083.00	4094.00	3083.00	3939.00	4383.00	4503.00	4555.00	3377.00	3674.00	4629.00	45158.00		
2019 33614	3811.00	4852.00	4063.00	4453.00	5173.00	2995.00	4934.00	5071.00	4865.00	2547.00	3756.00	4172.00	50692.00		
2020 33614	3527.00	4228.00	3844.00	3843.00	3843.00	0.00	636.00	1643.00	1732.00	1683.00	2213.00	1991.00	29183.00		
Total general	15559.00	18929.00	18235.00	20982.00	21477.00	17551.00	21104.00	22936.00	21472.00	15841.00	19166.00	20166.00	233418.00		

Fuente: Proyecto Smart UNL

6.1.3.3. *Potencia Consumida por área*

En base al análisis de la información recolectada, en la Figura 28 se detalla el nivel total de potencia consumida en cada uno de los bloques descritos en la Figura 20, en donde A representa el bloque y el número que le acompaña el bloque.

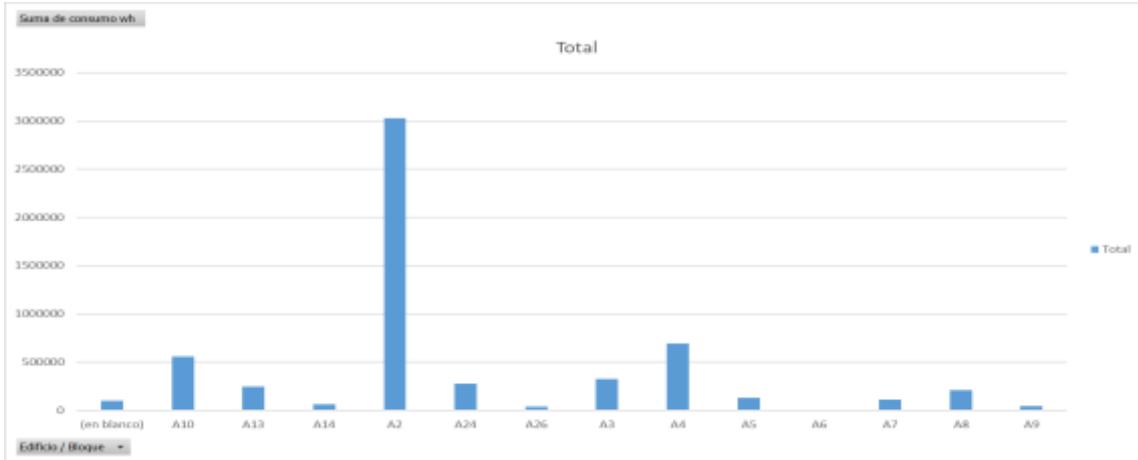


Figura 28 Potencia total consumida en cada una de las áreas de la FEIRNNR
Fuente: Proyecto Smart UNL

Se puede concluir que existe un exceso de potencia instalada posiblemente mal establecidas las horas de consumo diario.

6.1.3.4. *Potencia de los portadores o elementos*

En la Tabla 21 se describe los portadores energéticos que se encontraron durante la auditoria, mientras que en la Figura 29 se detalla la potencia consumida de cada uno de estos elementos, se denota que el sistema de iluminación es el que genera mayor consumo.

Tabla 21 Elementos Energéticos

TC	Toma Corriente 110V
CE	Computador Escritorio
CP	Computador Personal
IM	Impresora
TV	Televisor
FI	Foco Incandescente
FL	Foco Led
FF	Foco Fluorescente
HN	Horno
BZ	Balanza
VB	Vibrador
BT	Batidora
LF	Lámpara Fluorescentes
LL	Lámparas Led
TD	Taladro

PH	Prensa Hidráulica
AP	Access Point
MZ	Mezcladora
GR	Grabadora
SB	Sensor Biométrico
TF	Teléfono
MN	Monitor
PY	Proyector
FP	Fuente de poder
UP	UPS
CM	Compresor
SW	Switch
OS	Osciloscopio
PR	Parlante
GS	Generador de Señal
PZ	Pizarra eléctrica
OL	Ojo de buey led
OF	Ojo de buey fluorescente
GF	Generador de Funciones
CV	Cámara de video
AI	Aire acondicionado
BI	Biométrico
PI	Panel de Incendio
EA	Equipos de audio
EV	Equipos de video
ME	Motor eléctrico
CF	Cafetera
FR	Fresadora
SC	Scanner
TN	Torno
MC	Microondas
CT	Sistema CCTV
TF	Teléfono IPE
DE	Dispensador Eléctrico
CO	Copiadora
CL	Climatizador de aire
RD	Radio
TR	Transformador
TC	Toma Corriente 110V
PL	Parlante
PT	Plotter
RV	Regulador de voltaje
DI	Dicroicos
RW	Router
DA	Dispensador de agua
LVS	Lámpara de vapor de sodio

Fuente: Proyecto Smart UNL

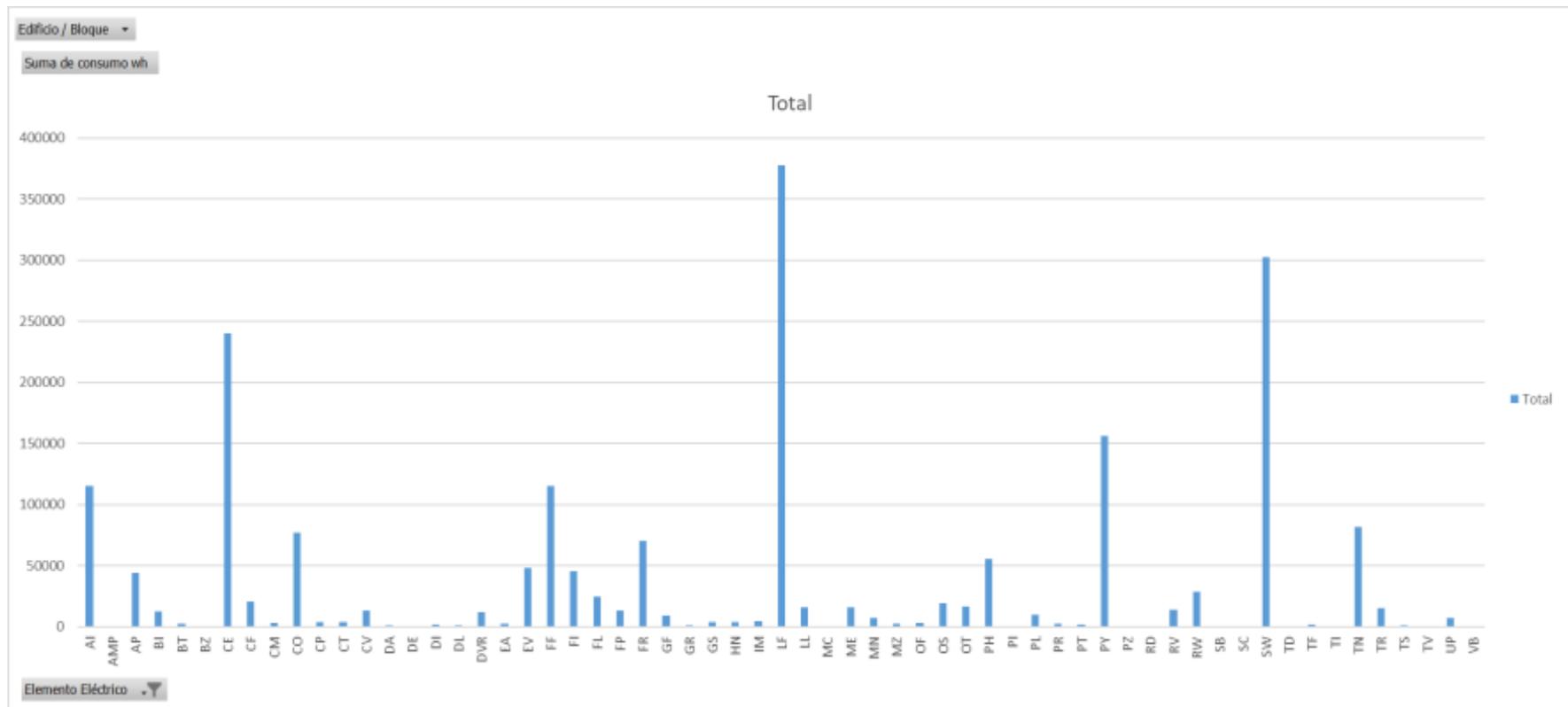


Figura 29 Descripción de potencia de los portadores energéticos de la FEIRNNR
Fuente: Proyecto Smart UNL

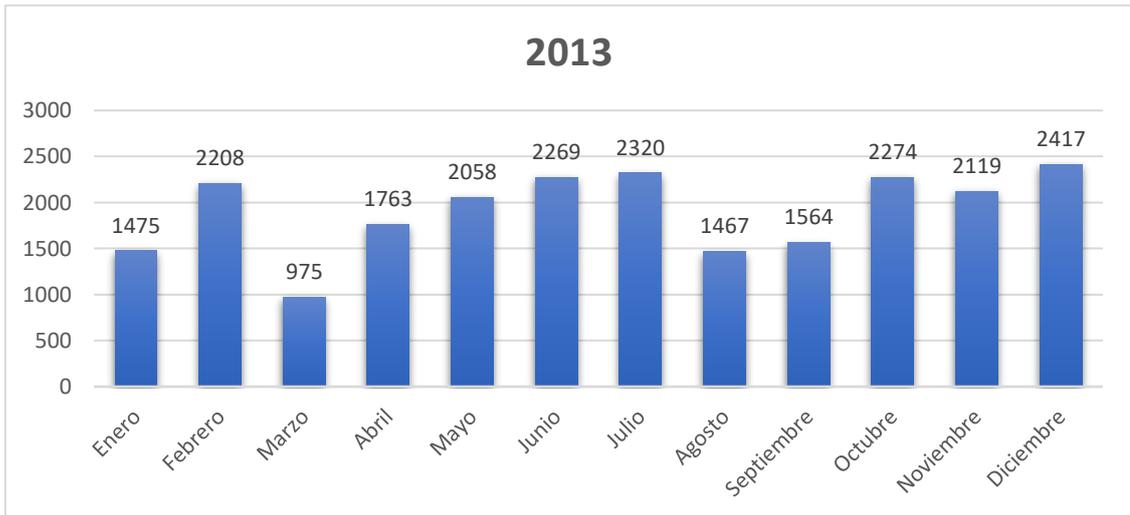


Figura 30 Gráfica total consumo kilovatios/hora año 2013
Fuente: Proyecto Smart UNL

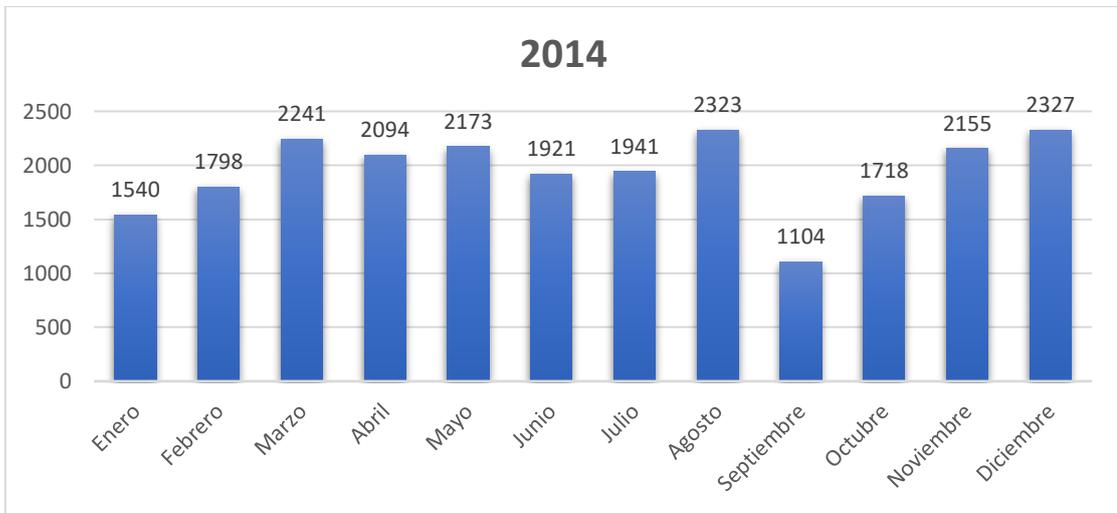


Figura 31 Gráfica total consumo kilovatios/hora año 2014
Fuente: Proyecto Smart UNL

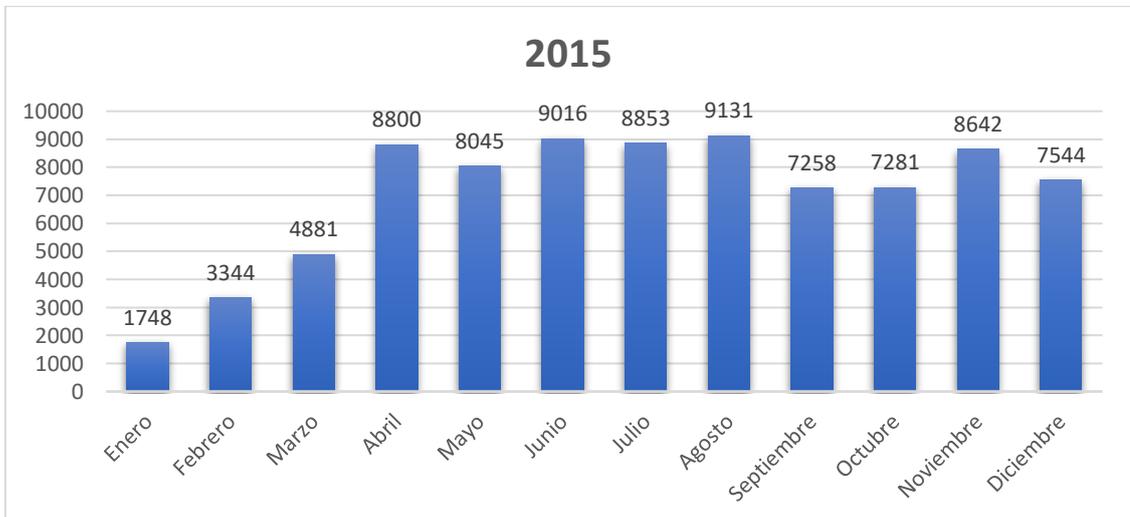


Figura 32 Gráfica total consumo kilovatios/hora año 2015

Fuente: Proyecto Smart UNL

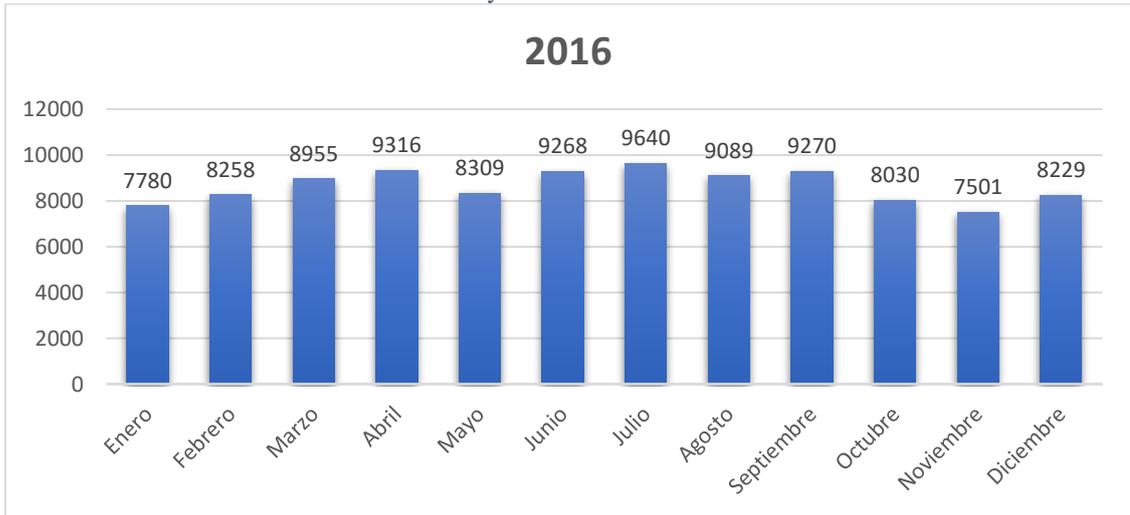


Figura 33 Gráfica total consumo kilovatios/hora año 2016

Fuente: Proyecto Smart UNL

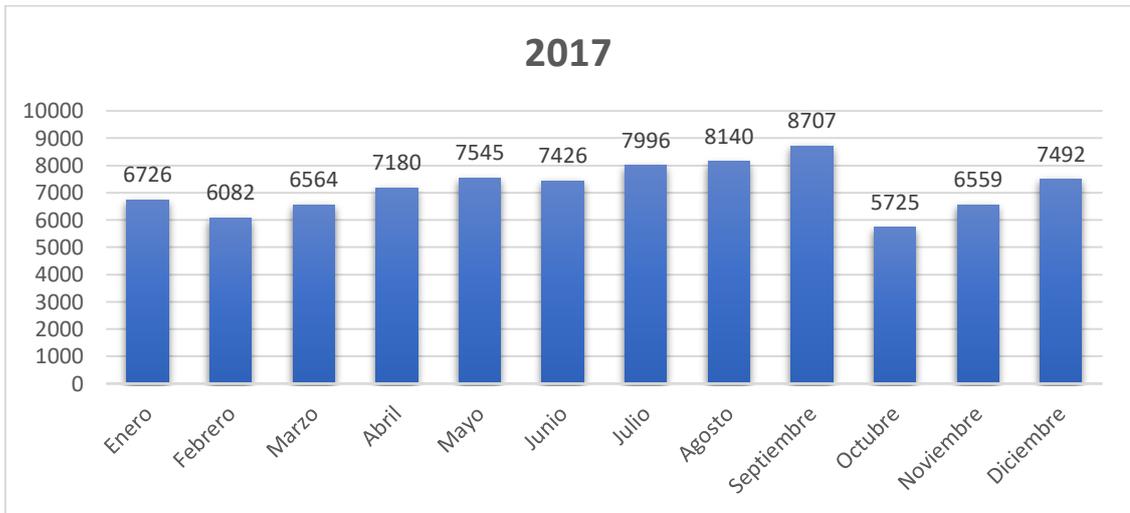


Figura 34 Gráfica total consumo kilovatios/hora año 2017

Fuente: Proyecto Smart UNL

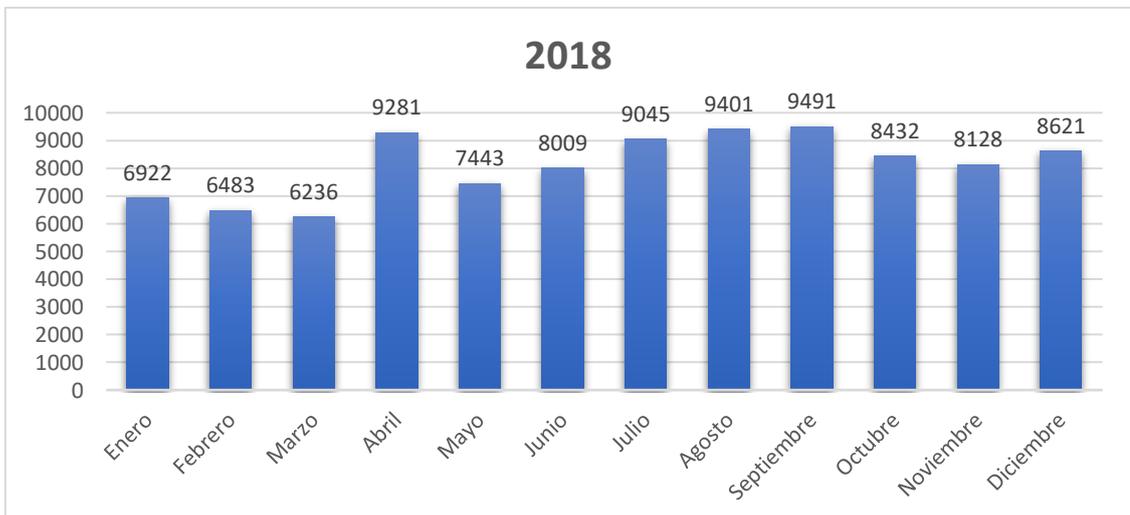


Figura 35 Gráfica total consumo kilovatios/hora año 2018
Fuente: Proyecto Smart UNL



Figura 36 Gráfica total consumo kilovatios/hora año 2019
Fuente: Proyecto Smart UNL

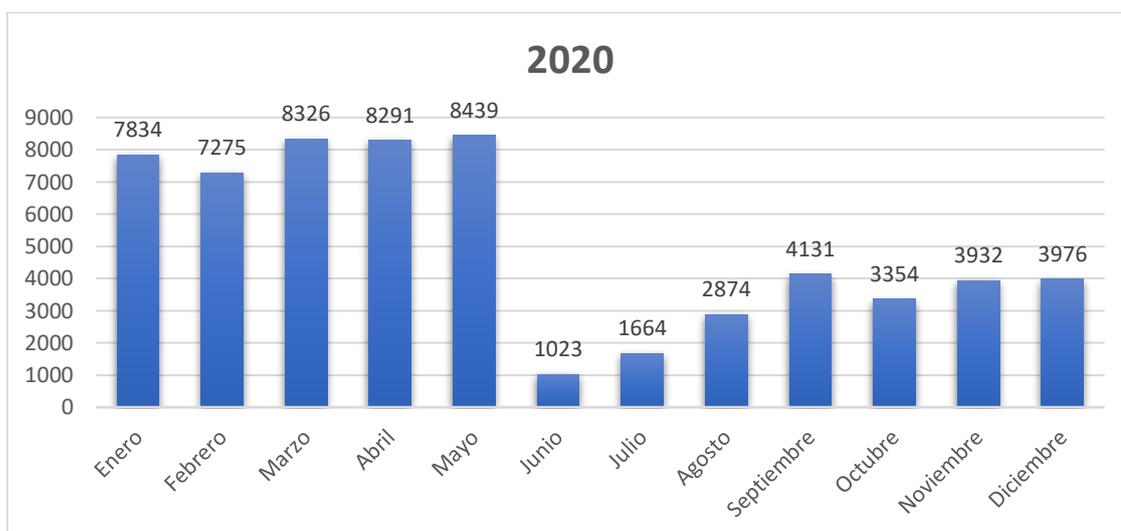


Figura 37 Gráfica total consumo kilovatios/hora año 2020
Fuente: Proyecto SMART UNL

En las gráficas anteriores se detalla el total de consumo de energía en kilovatio/hora desde el año 2013 al 2020, se tomó en cuenta el consumo de todos los medidores de la FEIRNNR correspondientes de cada mes.

6.1.4. Análisis para la mejora del Comportamiento del edificio.

En el presente apartado se explica las principales falencias que se presentan en la FEIRNNR con miras de elaborar propuestas de mejoras:

- Existen luminarias que se encuentran dañadas, por humedad que entra directamente a las luminarias, o por los tubos de lámparas fluorescentes que no se encuentran funcionando por uso excesivo, desgaste o por el mal estado de los balastos electromagnéticos de cada lámpara.
- Algunas persianas y/o cortinas se encuentran destruidas, bloqueando o permitiendo el ingreso excesivo de la luz natural lo que afecta directamente a los niveles de iluminación de cada espacio.
- Los elementos energéticos no se encuentran etiquetados, lo que dificulta la identificación de manera rápida de cada bloque.
- En algunos bloques existen dispositivos de protección que están en mal estado, por lo que su reemplazo inmediato es inminente a fin de evitar accidentes laborales por mantenimiento.
- Algunas puestas a tierras no están bajo las normas debido a que presentan alta resistencia.
- En algunos espacios no están distribuidas de manera uniforme las luminarias causando bajos niveles de iluminación.

6.1.5. Propuesta de mejoras

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos durante la auditoria energética realizada en la FEIRNNR se recomienda las siguientes propuestas que apoyen a la conservación de la energía y sea una mejora a la eficiencia energética:

- Llevar un mejor control de la energía: Se puede realizar cambio de medidores, motores eléctricos, etc., por elementos energéticos más eficientes que permitan llevar una lectura de consumo de manera rápida y precisa.
- Sustituir los sistemas de iluminación convencionales por sistemas más eficientes que permitan un mayor ahorro energético en la FEIRNNR.
- En vista que existen incongruencias con los valores medidos en la EERSSA y los medidos por parte de la FEIRNNR se recomienda hacer un seguimiento continuo de la energía consumida a fin de encontrar la pérdida de energía o el uso inadecuado.
- Realizar mediciones de la corriente consumida en cada bloque de la FEIRNNR y comprobar el estado de las puestas a tierra para verificar si están cumpliendo con las normas actuales.

6.2. Evaluar la Calidad de Iluminación de interiores de las dependencias de la Facultad de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables.

Es indispensable realizar mediciones del nivel de iluminación en cada uno de los bloques de la FEIRNNR, estos datos determinaran si estos niveles están dentro de los parámetros aceptables y definir el grado de calidad de iluminación actual en cada uno de los ambientes.

a. Medición de los niveles de iluminación

El compendio de la información se encuentra descrita en el anexo H en donde se detallan los cálculos de los niveles de iluminación en base a la recopilación de información tomados en oficinas, aulas, baños, pasillos, aulas magnas y otros espacios. Se utilizo tres luxómetros de medición (Anexo A, B y C), trabajando con un rango de 20 a 200.000 (luxes).

En cada espacio de estudio o trabajo se tomaron los puntos necesarios de acuerdo al método de cuadrícula, este método está en relación con el área de trabajo, índice del local y altura de trabajo, se muestreo puntos adicionales para determinar con mayor precisión la uniformidad y sacar un promedio del nivel de iluminación actual.

A continuación, se detalla el promedio de los niveles de iluminación medidos de los diferentes ambientes o áreas de estudio dando a conocer si cumplen o no con los parámetros mínimos definidos por las normas “INEN.1153”.

Tabla 22 Bloque A2 Laboratorios Sistema de iluminación actual

Bloque A2				
LOCAL	Promedio (lux)	Recomendación (lux)	Iluminancia promedio (Cumple)	Uniformidad (Cumple)
Primer Planta Alta				
Laboratorio de Sistemas Automotrices	258	500	NO	SI
Laboratorio de Computo, Redes y Sistemas Operativos	253	500	NO	NO
Laboratorio Instalaciones Eléctricas	598	500	SI	NO
Oficina de Técnicos de laboratorio de Instalaciones Eléctricas	459	500	NO	SI
Cuarto de Laboratorio de Instalaciones Eléctricas	488	500	NO	NO
Planta Baja				
Coordinación de Carrera de Mecánica Automotriz	488	500	NO	NO
Laboratorio de Energía de Fluidos	463	500	NO	NO
Laboratorio Integrado de Manufactura	418	500	NO	NO
Pasillo Planta baja	440	500	NO	NO

Fuente: Propia

Tabla 23 Bloque A3 Aulas Sistema de iluminación actual.

Bloque A3				
LOCAL	Promedio (lux)	Recomendación (lux)	Iluminancia promedio (Cumple)	Uniformidad (Cumple)
Segundo Piso				
Sala de docencia de la Carrera de Sistemas	251	500	NO	NO
Aula 2	278	500	NO	NO

Aula 4	169	500	NO	NO
Baños	370	100	SI	NO
Primer Piso				
Aula 3	84	500	NO	NO
Aula 5	156	500	NO	NO

Fuente: Propia

Tabla 24 Bloque A4 Aulas Sistema de iluminación actual

Bloque A4				
LOCAL	Promedio (lux)	Recomendación (lux)	Iluminancia promedio (Cumple)	Uniformidad (Cumple)
Primer Piso				
Sala de docentes	56	500	NO	NO
Segundo Piso				
Aula 2	121	500	NO	NO
Aula 4	78	500	NO	NO
Tercer Piso				
Aula Magna	200	500	NO	NO

Fuente: Propia

Tabla 25 Bloque A5 Baterías sanitarias Sistema de iluminación actual

Bloque A5				
LOCAL	Promedio (lux)	Recomendación (lux)	Iluminancia promedio (Cumple)	Uniformidad (Cumple)
Primer Piso				
Baños S.S.H.H	164	100	SI	NO
Cuarto de Utilería	167	200	NO	NO

Fuente: Propia

Tabla 26 Bloque A7 Aulas Sistema de iluminación actual

Bloque A7				
LOCAL	Promedio (lux)	Recomendación (lux)	Iluminancia promedio (Cumple)	Uniformidad (Cumple)
Primer Piso				
Aula 1	337	500	NO	SI
Archivo	343	200	SI	NO

Fuente: Propia

Tabla 27 Bloque A8 Aulas Sistema de iluminación actual

Bloque A8				
LOCAL	Promedio (lux)	Recomendación (lux)	Iluminancia promedio (Cumple)	Uniformidad (Cumple)

Primer Piso				
Aula 3	259	500	NO	NO
Segundo Piso				
Aula 4	300	500	NO	NO

Fuente: Propia

Tabla 28 Bloque A10 Laboratorios de Geología Sistema de iluminación actual

Bloque A10				
LOCAL	Promedio (lux)	Recomendación (lux)	Iluminancia promedio (Cumple)	Uniformidad (Cumple)
Primer Piso				
Laboratorio de Topografía Automatizada	323	500	NO	NO
Laboratorio de Mineralogía y Petrografía	379	500	NO	NO
Sala de docencia - Carrera de Geología	214	500	NO	SI
Aula	114	500	NO	NO

Fuente: Propia

Tabla 29 Administración de la FEIRNNR Sistema de iluminación actual

Bloque A13				
LOCAL	Promedio (lux)	Recomendación (lux)	Iluminancia promedio (Cumple)	Uniformidad (Cumple)
Primer Piso				
Secretaria General Facultad	224	500	NO	NO
Coordinación Administrativo financiero	201	500	NO	SI
Archivo secretaria general	107	200	NO	SI
Oficina Coordinación Administrativa	282	500	NO	NO
Dirección	190	500	NO	NO
Secretaria Dirección	212	500	NO	SI
Sala de docencia	251	500	NO	NO
Sala de grados	262	500	NO	NO
Ingeniería en sistemas	207	500	NO	NO
Ingeniería en Electromecánica	189	500	NO	NO
Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones.	77	154	NO	NO

Fuente: Propia

Tabla 30 Bloque A24 Talleres mecánicos Sistema de iluminación actual

Bloque A24				
LOCAL	Promedio (lux)	Recomendación (lux)	Iluminancia promedio (Cumple)	Uniformidad (Cumple)
Primer Piso				
Taller Mecánico - Iluminación Mixta	280	500	NO	NO
Taller de Soldadura - Iluminación Mixta	212	500	NO	NO
Pasillo de taller mecánico - Iluminación Mixta	735	500	SI	NO
Oficina de Técnico	310	500	NO	NO
Cuarto de Utilería- Oficina del técnico	108	200	NO	NO
Oficina Taller Mecánico	117	500	NO	SI
Laboratorios de Materiales de Construcción	221	500	NO	NO

Fuente: Propia

Tabla 31 Bloque 26 Laboratorio Sistema de iluminación actual

Bloque A26				
LOCAL	Promedio (lux)	Recomendación (lux)	Iluminancia promedio (Cumple)	Uniformidad (Cumple)
Laboratorio de Materiales de Construcción	55	500	NO	NO
Oficina del laboratorio de Materiales de Construcción	138	500	NO	NO

Fuente: Propia

Esta información fue recolectada en los horarios de 08:00am a 13:00pm, tomando en consideración la luz natural, artificial y mixta, en las tablas descritas anteriormente se presenta información de las mediciones de la iluminación artificial, se consideró que los ambientes estén con las persianas o cortinas a bajo (ver Figura 38) y se colocó un plástico negro para bloquear temporalmente la luz natural que ingresaba por las ventanas, cabe

mencionar que en algunos espacios fue permisible realizar las mediciones en total ausencia de la luz natural, presentándose únicamente iluminación artificial.



*Figura 38 Dependencia con el tipo de iluminación artificial
Fuente: Propia*

Como ya se mencionó anteriormente no fue posible la medición en horarios nocturnos, sin embargo, se trató de obtener mediciones sin la aportación de la fuente natural de iluminación, de tal manera que se acerquen a los valores aceptables y aproximados a los niveles de iluminación dotado por las fuentes artificiales existentes.

Para mayor información detallada de los niveles de iluminación en cada punto dentro del plano de trabajo de cada ambiente se puede revisar los anexos correspondientes.

Fotos de las mediciones



Figura 39 Medidas tomada luxómetro de marca UNI-T.
Fuente: Propia



Figura 40 Medida tomada en la Planta Administrativa de la FEIRNNR
Fuente: Propia

Diseño del sistema de iluminación

Corresponde al diseño de un sistema de iluminación empleando luminarias eficientes mediante el uso de software de cálculo lumínico, el cual consiste en el empleo de la información recolectada como dimensiones y demás características de los ambientes en estudio.

Calculo luminotécnico mediante el uso de un software

El uso de software es esencial y ofrece mayor confiabilidad en los diseños luminotécnicos, debido a que permite combinar un sin número de características de las lámparas, luminarias, objetos y equipos que se encuentran instalados dentro de cada ambiente de trabajo, este tipo de diseños comprenden el uso de parámetros y métodos luminotécnicos.

Por tal motivo se cree conveniente el uso de un software de cálculo de iluminación denominado Dialux Evo desarrollado por la empresa DIAL, el cual integra una serie de fabricantes asociados tales como: SYLVANIA, TEMPLED, BELED, PHILIPS, LEVANDCE, PANASONIC, etc., por lo tanto, se considera una herramienta para un cálculo flexible bajo los requerimientos de las diversas marcas de productos disponibles.

Es importante mencionar que el diseño se lo realiza simulando un espacio físico, en este caso un aula, considerando las dimensiones físicas, colores de la pared, piso, techo, altura del montaje, altura de trabajo, entre otros.

Paso 1

Primeramente, se selecciona el modelo del aula de uso más común en estos edificios que permita la explicación del uso del software en el proceso de iluminación.

Tabla 32 Dimensiones físicas de aula de diseño

Dimensiones físicas	
Ancho (A)	5,7 m
Largo (L)	7,7 m
Altura (H)	2,8 m
Altura del montaje (HM)	2,7 m
Altura de trabajo (HT)	0,8 m
Color del local	
Color del piso	Caliza areniza - Blanco
Color de la pared	Melón
Color de techo	Blanco

Fuente: Información del bloque A3 de la FEIRNNR

Paso 2

Se ejecuta el software y se crea un nuevo proyecto con las características y nombres necesarios para su identificación y se diseña el espacio tomando en cuenta las dimensiones físicas de la Tabla 32, se diseña las paredes, techos y pisos como se muestra en la figura.

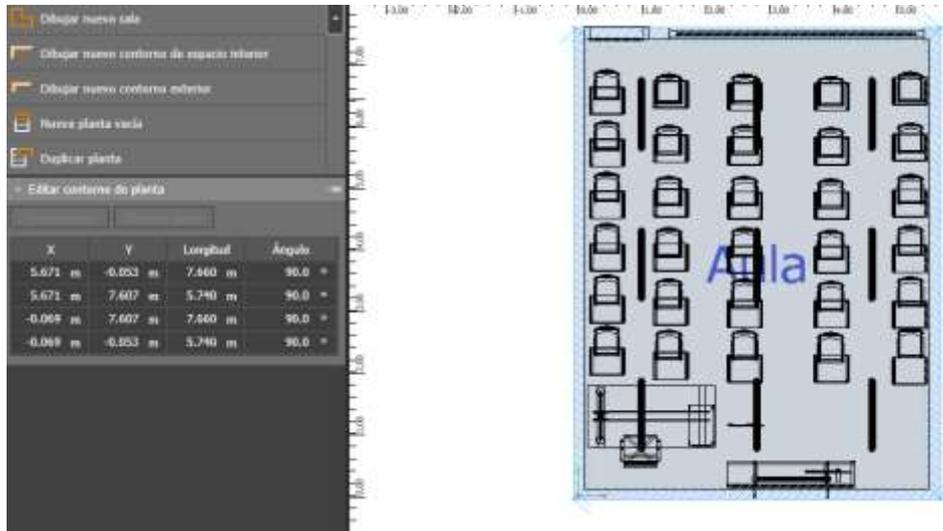


Figura 41 Dimensiones del espacio físico a diseñar
Fuente: Propia

Paso 3

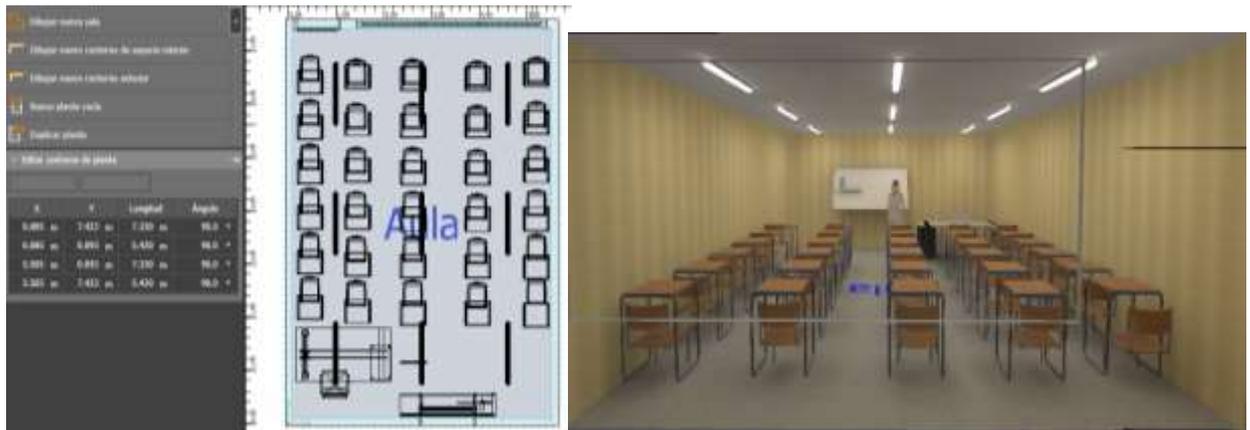


Figura 42 Diseñando parámetros de altura de espacio a iluminar
Fuente: Propia

Se traza el área de cálculo (espacio a iluminar) y se define la altura del local, la altura de trabajo, colores, texturas de las paredes, techos y pisos, tal como se muestra en la Figura 42.

Paso 4

En este apartado se agrega la luminaria según el nivel de iluminación adecuado, en el catálogo del software existen diferentes tipos de luminarias, clasificándolas según sus características como dimensiones, forma de instalación, grado de protección, eficiencia energética, etc. Se elige la lámpara de marca Ledvance de modelo DAMP PROOF DALI 1500 55W 6500 K IP65 GY.



Figura 43 Características de lámpara de diseño
Fuente: Propia

Para el diseño de sistema de iluminación se elige la lámpara tipo led, diseño para interiores de tipo genérica con montaje en techo y grado de protección IP65 para uso de lámparas tubulares. Ver características seleccionadas en el Anexo D.

Paso 5

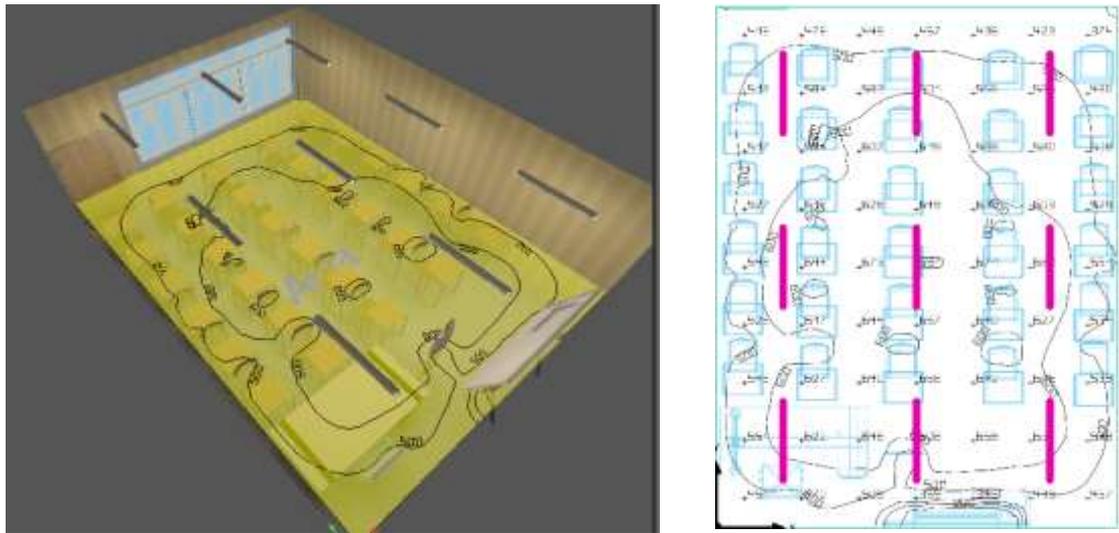


Figura 44 Parámetros del plano útil
Fuente: Propia

Una vez elegida la luminaria o lámparas se procede a colocarlas de manera automática, se debe indicar el tipo de espacio con el fin de tomar en cuenta el nivel de iluminación adecuada para este tipo de espacios (500lux para el caso de aulas), la altura del punto de luz y del montaje, tipo de alumbrado, entre otros (ver Figura 44).

Paso 6

Se procede a iniciar el cálculo luminotécnico desde el software, se colocó escritorios, pupitres, pizarras y otros, este cálculo puede tardar unos segundos y presentados en diversas formas, en este caso se representa por medio de curvas Isolux que indican el nivel medio de iluminación en cada punto del área de diseño.



*Figura 45 Niveles de iluminación del cálculo en el software
Fuente: Propia*

Paso 7

El software Dialux posee varias alternativas de visualización de los resultados, podemos observarlos en 3D permitiendo al diseñador tener una percepción más realista del proyecto.

Finalmente, el proyecto puede ser exportado en un archivo PDF, donde se encuentra la información que se desea presentar como: niveles mínimos, medios y máximos de iluminación, las características eléctricas de las luminarias, lámparas y los diferentes planos de trabajo, suelo y paredes.

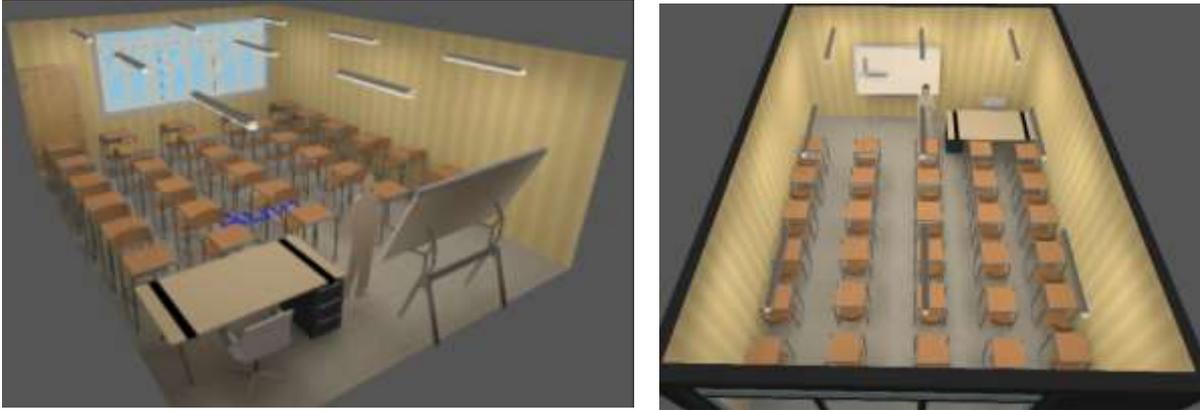


Figura 46 Representación 3D de espacio a iluminar
Fuente: Propia

b. Estado de las luminarias de las dependencias

En las figuras que se presentan a continuación se detalla el porcentaje de luminarias que se encuentran en buen estado y las que presentan deficiencias en el sistema de iluminación de la FEIRNNR.

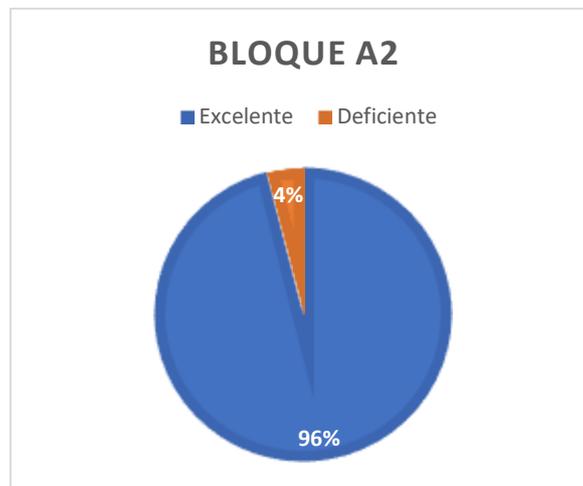


Figura 47 Estado actual de las luminarias del bloque A2
Fuente: Propia

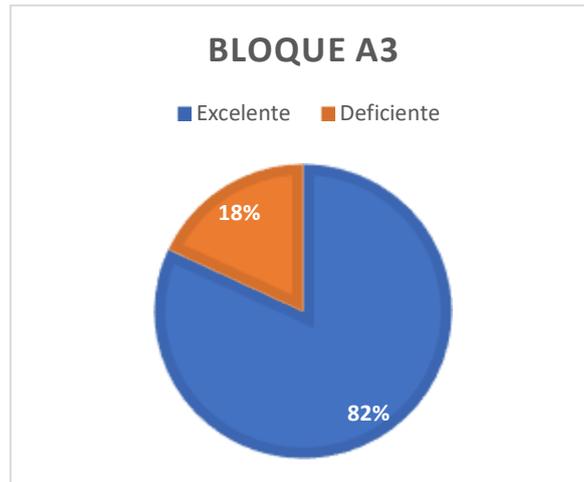


Figura 48 Estado actual de las luminarias del bloque A3
Fuente: Propia

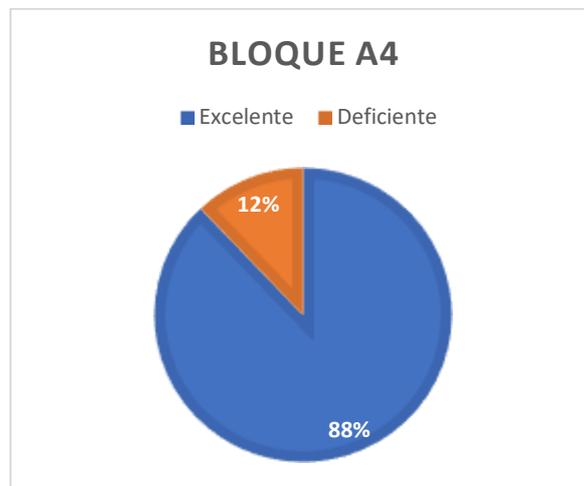


Figura 49 Estado actual de las luminarias del bloque A4
Fuente: Propia

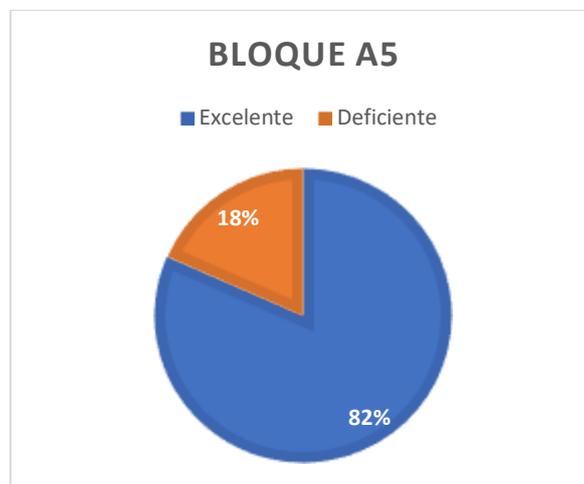


Figura 50 Estado actual de las luminarias del bloque A5
Fuente: Propia

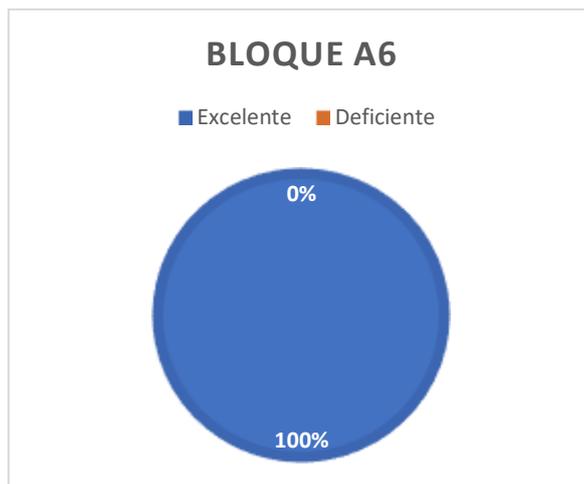


Figura 51 Estado actual de las luminarias del bloque A6
Fuente: Propia

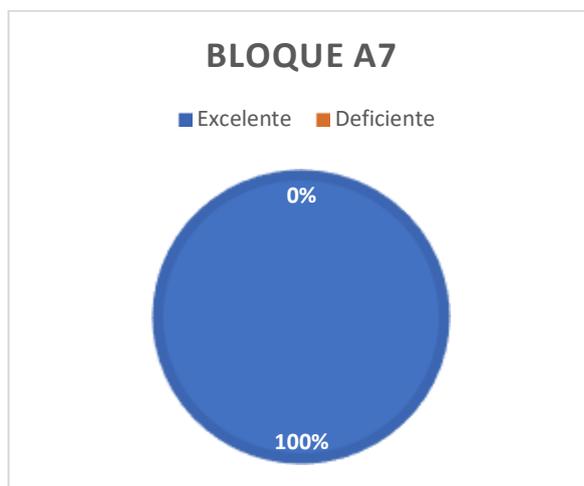


Figura 52 Estado actual de las luminarias del bloque A7
Fuente: Propia

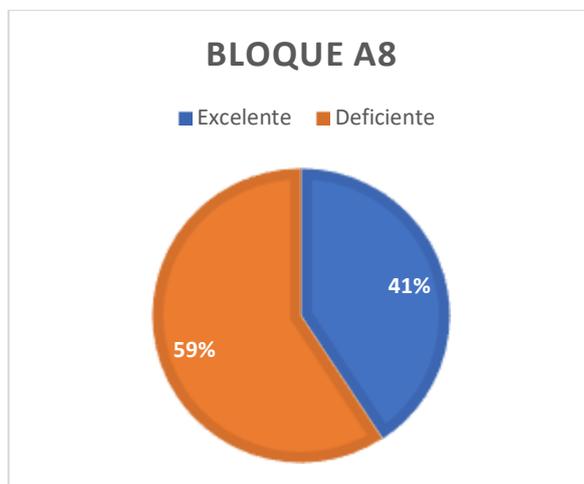


Figura 53 Estado actual de las luminarias del bloque A8
Fuente: Propia

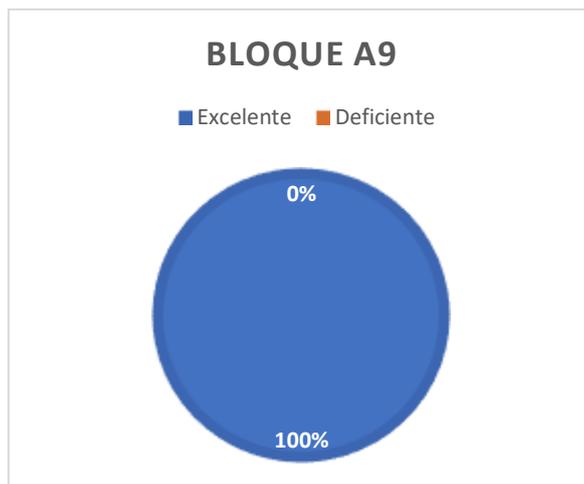


Figura 54 Estado actual de las luminarias del bloque A9
Fuente: Propia

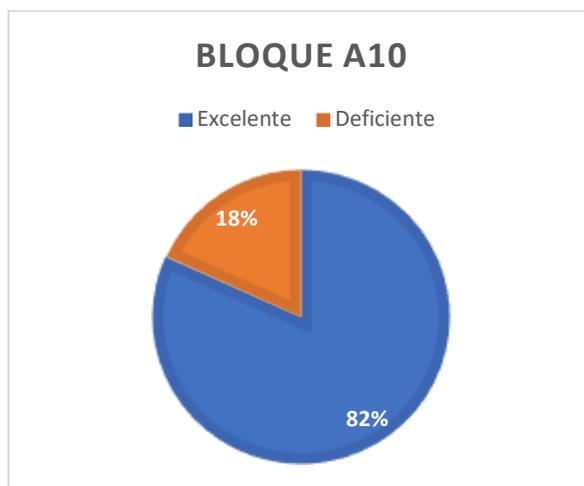


Figura 55 Estado actual de las luminarias del bloque 10
Fuente: Propia



Figura 56 Estado actual de las luminarias del bloque A13
Fuente: Propia

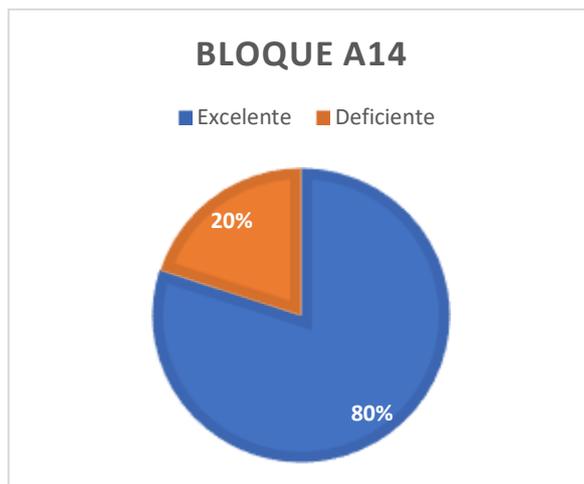


Figura 57 Estado actual de las luminarias del bloque A14
Fuente: Propia

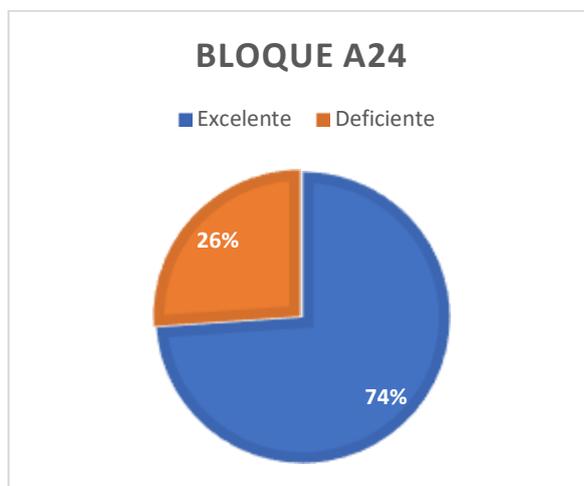


Figura 58 Estado actual de las luminarias del bloque A24
Fuente: Propia

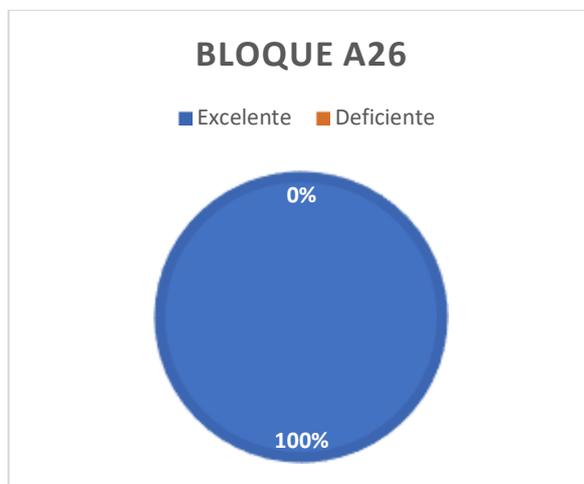


Figura 59 Estado actual de las luminarias del bloque A26
Fuente: Propia

El sistema de iluminación actual presenta deficiencias en algunas dependencias de la FEIRNNR, por ejemplo, en el laboratorio de Materiales de Construcción existen algunas lámparas que se encuentran dañadas o en mal estado, esto es producido por la humedad que se genera en este sector, ver Figura 60.



Figura 60 Estado actual de luminaria del laboratorio de materiales de construcción
Fuente: Oficinas de la FEIRNNR

En el taller mecánico correspondiente al bloque A24 existe un mayor porcentaje de lámparas que no están en funcionamiento afectando directamente la iluminación directa del personal que se encuentran en taller.

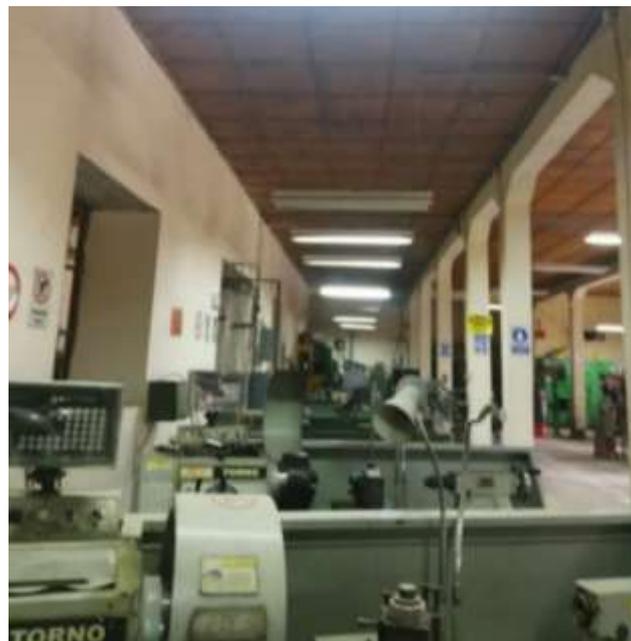


Figura 61 Estado actual de luminarias del taller mecánico
Fuente: Talleres de la FEIRNNR

En la Figura 62 se presenta el estado del sistema de iluminación correspondiente a un aula del bloque A3, en donde se identifica algunas luminarias en mal estado y no se encuentran funcionando correctamente.



Figura 62 Estado actual del sistema de iluminación de aula del bloqueA3
Fuente: Instalaciones de la FEIRNNR del bloque A3

c. Propuesta de mejoras en el sistema de iluminación

En vista a las deficiencias que presenta el sistema de iluminación se pone a disposición algunas propuestas que permitan mejorar el sistema actual y brinde soluciones eficientes para beneficio de la FEIRNNR:

Sustituir las luminarias convencionales por sistemas de iluminación led, sistemas que generaran mayor ahorro energético, menor costo económico y menor impacto ambiental, además estos sistemas brindan confort, seguridad y una iluminación confortable para el personal de la Universidad.

En vista que la iluminación natural provoca que el nivel de iluminación varíe y por ende no sea uniforme en los espacios de estudio, se propone utilizar lámparas con sensores que regulen el nivel de iluminación del ambiente ofreciendo una reducción de la emisión de calor con el ahorro de climatización.

Se recomienda que se calcule el número de luminarias exactas en base a las características de las nuevas luminarias y a las dimensiones de los espacios físicos de la FEIRNNR, de esta manera colocamos las luminarias necesarias en cada área.

En lo posible sustituir los balastos electromagnéticos por balastos electrónicos, estos serán apropiados para cada tipo de lampara y pueden ser instalados en la infraestructura de cada luminaria, con estos balastos se pueden utilizar interfaces que permitirán el control individual del encendido, apagado y regulación de los niveles de iluminación.

6.3. Analizar los sistemas de iluminación de las diferentes dependencias de la FEIRNNR en base a las normativas y estándares nacionales e internacionales vigentes.

6.3.1. Tipos de iluminación

En la Tabla 33 se detalla los tipos de iluminación instalados en cada una de las áreas, distribuidos en sus dependencias como salas de cómputo, aulas, laboratorios, oficinas administrativas, aulas magnas, pasillos, escaleras y otros espacios de la FEIRNNR.

Como se puede observar en la tabla la mayoría de las dependencias mantienen el tipo de iluminación directa, una iluminación ideal para instituciones educativas, universidades, etc., en donde la fuente de luz se esparce directamente sobre un objeto o área a iluminar.

Tabla 33 Tipo de iluminación en la FEIRNNR

Campus y Facultad	Edificio /Bloque	Sitios/dependencias	Tipo de iluminación
A	FEIRNNR	Salas de computo	Directa
		Laboratorio integrado de manufactura	Directa
		Laboratorio de energía y fluidos	Directa
		Laboratorio instalaciones eléctricas	Directa
		Laboratorio de telecomunicaciones y antenas	Directa
		Coordinación de la carrera de mecánica automotriz	Directa
		Oficina de electrónica	Directa

		Oficina de instalaciones eléctricas	Directa
		Escaleras	Directa
		Pasillos	Directa
		Aulas	Directa
		Oficina de docentes	Directa
		Cuarto de telecomunicaciones	Directa
		Bodega	Directa
		Baños	Directa
		Aulas	Directa
		Aula - Club de robótica	Directa
		Pasillos	Directa
AFEIRNNR	A3	Cubículos de docencia	Directa
		Baños	Directa
		Cuarto de utilería	Directa
		Escaleras	Directa
		Aulas	Directa
		Aula de maestría	Directa
		Sala de docencia carrera de electrónica	Directa
AFEIRNNR	A4	Cubículos de docencia electrónica	Directa
		Biblioteca	Directa
		Aula Magna	Indirecta
		Pasillos	Directa
		Baños	Directa
		Baños	Directa
AFEIRNNR	A5	Cuarto de utilería	Directa
		Escaleras	Directa
AFEIRNNR	A6	Cuarto de máquinas	Directa
		Sala de docentes	Directa
AFEIRNNR	A7	Archivo	Directa
		Aulas	Directa
		Pasillo	Directa
		Aulas	Directa
		Sala de docencia carrera de sistemas	Directa
		Sala de docencia	Directa
AFEIRNNR	A8	Oficina de docentes	Directa
		Escaleras	Directa
		Pasillo	Directa
		Baños	Directa
AFEIRNNR	A9	Cafetería	Directa
		Aulas	Directa
AFEIRNNR	A10	Oficina de docentes	Directa
		Oficina de cartografía	Directa

		Laboratorio de mecánica de rocas	Directa	
		Laboratorio de mineralogía y petrografía	Directa	
		Laboratorio de topografía automatizada	Directa	
		Laboratorio de Química	Directa	
		Museo de rocas	Indirecta	
		Pasillo	Directa	
		Cuarto de utilería	Directa	
		Baños	Directa	
		Secretaria General FEIRNNR	Directa	
		Coordinación Administrativo Financiero	Directa	
		Dirección	Directa	
		Secretaria dirección	Directa	
		Oficina coordinación administrativa financiera	Directa	
A	FEIRNNR	A13	Ingeniería de electrónica y telecomunicaciones	Directa
			Ingeniería de sistemas	Directa
			Ingeniería de electromecánica	Directa
			Bodega	Directa
			Cubículos de docencia de electromecánica	Directa
A	FEIRNNR	A14	Baños	Directa
			Taller Mecánico	Directa
			Taller de soldadura	Directa
			Oficina docente Taller mecánico	Directa
A	FEIRNNR	A24	Oficina Taller mecánico	Directa
			Oficina de investigación de materiales de construcción	Directa
			Pasillos	Directa
			Baños	Directa
A	FEIRNNR	A26	Laboratorio de materiales de construcción	Directa
			Oficina de docente	Directa

Fuente: Propia

6.3.2. Establecer los sistemas de iluminación basados en la fuente de luz en la facultad.

Sistemas de iluminación existentes en la FEIRNNR

En la FEIRNNR existen diferentes sistemas de iluminación (fluorescentes, incandescentes y led), estos cumplen un rol muy importante para el rendimiento de las actividades diarias de las personas, brindando comodidad, ejecución y seguridad visual al personal ejecutivo, administrativo y estudiantes, sistemas que generan una sensación

de bienestar y permiten desarrollar las tareas visuales con precisión y rapidez durante largos periodos de tiempo.

En la Tabla 34 se hizo un análisis del total de luminarias que son usadas en cada bloque de la FEIRNNR, el sistema que predomina es el fluorescente, sin embargo, este tiene algunas desventajas, considerando que es una tecnología convencional y mantiene un alto consumo de energía si la comparamos con la tecnología led.

Tabla 34 Total de luminarias por áreas de la FEIRNNR

Campus y Facultad	Edificio /Bloque	Tipo de lámpara	No de bombillas/ lámparas
A FEIRNNR	A2	Sistema Led	5
		Sistema Fluorescente	224
		Sistema Incandescente	5
	A3	Sistema Led	5
		Sistema Fluorescente	72
		Sistema Incandescente	0
	A4	Sistema Led	57
		Sistema Fluorescente	96
		Sistema Incandescente	0
	A5	Sistema Led	6
		Sistema Fluorescente	37
		Sistema Incandescente	0
	A6	Sistema fluorescente	1
	A7	Sistema Led	11
		Sistema Fluorescente	0
		Sistema Incandescente	0
	A8	Sistema Led	0
		Sistema Fluorescente	76
		Sistema Incandescente	0
	A9	Sistema Led	0
		Sistema Fluorescente	10
		Sistema Incandescente	1
	A10	Sistema Led	28
		Sistema Fluorescente	93
		Sistema Incandescente	29
	A13	Sistema Led	0
		Sistema Fluorescente	41
		Sistema Incandescente	0
A14	Sistema Led	0	
	Sistema Fluorescente	2	
	Sistema Incandescente	0	

	A24	Sistema Led	2
		Sistema Fluorescente	50
		Sistema Incandescente	0
	A26	Sistema Led	0
		Sistema Fluorescente	7
		Sistema Incandescente	0

Fuente: Propia

6.3.3. Evaluar el rendimiento de cada sistema presente en la facultad.

En la Tabla 35 se detalla los sistemas de iluminación instalados en la FEIRNNR, se describe el consumo en watts y el total de lúmenes de cada sistema, posteriormente se hace el cálculo de la eficiencia o rendimiento en base a los parámetros indicados.

Tabla 35 Rendimiento y eficiencia de los sistemas de iluminación de la FEIRNNR.

Campus y Facultad	Edificio /Bloque	Sitios/dependencias	Sistema de iluminación	Tipo	Watts	Lúmenes (lm)	Eficiencia (%)	Temperatura de color (K)	Color
AFEIRNNR	A2	Laboratorio integrado de manufactura	Fluorescente	Lámpara	40	3510	29	4000	Blanco Neutro
		Laboratorio de energía y fluidos			40	3510	29		
		Laboratorio instalaciones eléctricas			40	3510	29		
		Laboratorio de telecomunicaciones y antenas			40	3510	29		
		Laboratorio de cómputo, redes y sistemas operativos			40	3510	29,25		

	Laboratorio de automatización y control			40	3510	29,25		
	Laboratorio de electrónica			40	3510	29,25		
	Coordinación de la carrera de mecánica automotriz			40	3510	29,25		
	Oficina de monitoreo	Incandescente	Foco	40	450	11,25	3000	Amarillo
	Oficina de electrónica	Fluorescente	Lámpara para	40	3510	29,25	4000	Blanco Neutro
	Oficina de instalaciones eléctricas			40	3510	29,25		
	Centro de monitoreo de energías renovables			40	3510	29,25		
	Cubículos de docencia			40	3510	29,25		
	Escaleras			40	3510	29,25		
	Pasillos			40	3510	29,25		
	Aulas			40	3510	29,25		
	Oficina de docentes			40	3510	29,25		
	Cuarto de telecomunicaciones			40	3510	29,25		
	Cuarto de utilería		Foco	15	800	53,33		
	Baños capacidades espaciales			15	800	53,33		
	Baños - Segundo Piso	Incandescente		60	800	13,33	3000	Amarillo
	Baños - Primer Piso	Led		9	800	88,89	5500	Blanco Neutro
	Aulas	Fluorescente	Lámpara para	40	3510	29,25	4000	Blanco Neutro
A3	Aula - Club de robótica			40	3510	29,25		

	Pasillos			40	3510	29,25		
	Cubículos de docencia			40	3510	29,25		
	Baños			40	3510	29,25		
	Escaleras			40	3510	29,25		
	Aulas	Fluorescente	Lám para	40	3510	29,25	4000	Blanco Neutro
	Aula de maestría			40	3510	29,25		
	Sala de docencia carrera de electrónica			40	3510	29,25		
A4	Cubículos de docencia electrónica			40	3510	29,25		
	Biblioteca			40	3510	29,25		
	Aula Magna	Led	Foco	15	1500	100,00	5500	
	Pasillos	Fluorescente	Lám para	40	3510	29,25	4000	
	Baños		Foco	10	700	70,00		
	Baños	Fluorescente	Lám para	40	3510	29,25	4000	Blanco Neutro
A5	Cuarto de utilería		Foco	15	800	53,33		
	Escaleras		Lám para	40	3510	29,25		
A6	Cuarto de maquinas	Fluorescente	Foco	15	800	53,33	4000	Blanco Neutro
	Sala de docentes	Led	Lám para	40	3510	29,25		Blanco Neutro
A7	Archivo			40	3510	29,25		
	Aulas			40	3510	29,25		
	Pasillo			40	3510	29,25		
	Baños			40	3510	29,25		
A8	Aulas	Fluorescente	Lám para	40	3510	29,25	4000	Blanco Neutro
	Sala de docencia carrera de sistemas			40	3510	29,25		
	Sala de docencia			40	3510	29,25		
	Escaleras			40	3510	29,25		
	Pasillo			40	3510	29,25		
	Baños			40	3510	29,25		

A9	Cafetería	Fluorescente	Foco	15	800	53,33	3000	Amarillo	
	Aulas	Fluorescente	Lámpara	40	3510	29,25	4000	Blanco Neutro	
	Oficina de docentes			40	3510	29,25			
	Oficina de cartografía			40	3510	29,25			
	Laboratorio de mecánica de rocas			40	3510	29,25			
	Laboratorio de mineralogía y petrografía			40	3510	29,25			
	Laboratorio de topografía automatizada	Led		40	3510	29,25			
	A10	Coordinación de Ingeniería Ambiental y Ordenamiento Territorial	Fluorescente		40	3510	29,25		
		Laboratorio de Química	Fluorescente		40	3510	29,25		
		Museo de rocas	Led	Foco	10	800	80,00	5500	
Museo de rocas		Incandescente	Foco	40	450	11,25	4000		
Pasillo		Fluorescente	Lámpara	40	3510	29,25			
Cuarto de utilería				40	3510	29,25			
Bodega				40	3510	29,25			
Baños			Foco	15	800	53,33			
A13		Secretaría General FEIRNNR	Fluorescente	Lámpara	40	3510	29,25	4000	Blanco Neutro
		Coordinación			40	3510	29,25		

	Administrativo							
	Financiero							
	Dirección			40	3510	29,25		
	Secretaría dirección			40	3510	29,25		
	Oficina coordinación administrativa financiera			40	3510	29,25		
	Ingeniería de electrónica y telecomunicaciones			40	3510	29,25		
	Ingeniería de sistemas			40	3510	29,25		
	Ingeniería de electromecánica			40	3510	29,25		
	Sala de grados			40	3510	29,25		
	Cubículos de docencia de electromecánica			40	3510	29,25		
A14	Bodega	Fluorescente	Lám para	32	3510	29,25	4000	
	Baños			40	3510	29,25		
	Taller Mecánico	Fluorescente	Lám para	40	3510	29,25	4000	Blanco Neutro
	Taller de soldadura			40	3510	29,25		
	Oficina docente			40	3510	29,25		
A24	Taller mecánico							
	Oficina Taller mecánico			40	3510	29,25		
	Oficina de investigación de materiales			40	3510	29,25		

de construcción								
Laboratorios de materiales de construcción	Foco	15	800	53,33				
Cuarto de utilería de herramientas	Lám para	40	3510	29,25				
Pasillos		40	3510	29,25				
Baños		40	3510	29,25				
Laboratorio de materiales de construcción	Fluorescente	Lám para	40	3510	29,25	4000	Blanco Neutro	
A26								
Baños			40	3510	29,25			
Oficina de docente			40	3510	29,25			

Fuente: Propia

6.3.4. Ventajas y Desventajas de los sistemas de iluminación

6.3.4.1. Sistema Incandescente:

Desventajas

- Este sistema necesita usar cinco veces más la energía para generar la misma cantidad de luz que los sistemas led, por lo tanto, actualmente es considerado como un sistema ineficiente.
- No hay ahorro en el consumo de energía eléctrica.
- Generan rayos ultravioleta nocivos para la salud de las personas.
- Sólo el 15% de la energía que consume se transforma en luz.

6.3.4.2. Sistema Fluorescente

Ventajas

- Consumen menos vatios con respecto a los sistemas incandescentes.
- Mantienen un ahorro de la energía eléctrica entre el 40% al 60%.

Desventajas

- Contienen mercurio, este es un elemento altamente toxico para el medio ambiente.

6.3.4.3. Sistema Led

Ventajas

- Brinda más lúmenes utilizando menos watts.
- Su bajo consumo permite un mayor ahorro energético llegando a ahorrar alrededor del 75 al 90% de energía.
- No utiliza mercurio ni balastos magnéticos, evitando el parpadeo del sistema de iluminación reduciendo así la emisión de CO2.
- Tiene mayor vida útil, se sitúan en torno a las 50.000 horas frente a las 2.000 horas que una bombilla estándar, los sistemas led tienen mayor duración.
- Mantiene una luz nítida y brillante con encendido inmediato, aportando seguridad comodidad y confort a las personas.
- La energía que consume se transforma en luz (alrededor del 90%), esto supone un importante ahorro en la factura eléctrica.

Desventajas

- Al principio la inversión puede ser elevada es decir mantienen un precio más elevado en comparación con los sistemas convencionales, pero a largo plazo los beneficios pueden ser superiores disminuyendo el consumo de energía.
- Tiene mayores costos de reparación, es decir si sufre algún daño causado por la humedad o por su mal uso, se debe reemplazar la pieza completa.

- No son una buena alternativa para iluminar espacios abiertos ya que el direccionamiento de los leds es focalizado, optando por las luces convencionales en donde su haz de luz es disperso.
- Son sensibles a las altas y muy bajas temperaturas, reduciendo su vida útil, por lo que deben mantener una temperatura ambiente.

6.3.5. Propuesta del sistema más eficiente.

Considerando la eficiencia calculada en cada uno de los sistemas de iluminación descritos en la Tabla 35 se concluye que el sistema led es más eficiente que los actuales sistemas convencionales, a continuación, se detalla algunas características de este sistema.

- Mantiene una luz blanca más eficiente y ofrece nuevas formas de ahorrar energía y cuidar el medio ambiente.
- Destacado por su bajo consumo energético, puede utilizar bombillas que consumen menos vatios y brindan mayor luminosidad.
- No trabaja con balastos ni contienen mercurio, es por esto que este sistema led es más amigable con el medio ambiente y garantiza la salud de las personas.
- Tienen mayor vida útil, puede llegar a durar hasta 50,000 horas frente a las 8,000 del sistema fluorescente.
- Generan la temperatura adecuada en el espacio ideal, se puede realizar cambios de temperatura de color y graduar este porcentaje de manera automática a fin de respetar la biodiversidad y evitar cambios en el ciclo circadiano de los seres humanos, evitando que se produzcan cambios en los ciclos de sueño.

En vista a las ventajas y beneficios detallados anteriormente se propone que la FEIRNNR migre la tecnología de iluminación actual a sistemas led, más eficientes y amigables con los seres humanos y el medio ambiente.

Aspectos negativos al mantener bajos niveles de iluminación:

Las diversas tecnologías deben brindar un mejor desempeño energético y una buena calidad de iluminación, al mantener una baja calidad de iluminación tenemos las siguientes consecuencias:

- Genera inseguridad y hace que los espacios sean menos confiables, motivando a un mayor porcentaje de delincuencia en estos lugares.
- Produce accidentes a las personas que transitan por los diferentes espacios generando caos.
- Puede llegar a afectar a la salud de las personas causando fatiga visual, cansancio excesivo, estrés, tensión, migrañas y otras enfermedades.
- Los cambios de color de la temperatura o una temperatura no adecuada, junto con una baja iluminación pueden causar daños al ciclo circadiano, es decir se pueden ver afectados los ciclos del sueño de las personas.
- La baja calidad de iluminación causa espacios oscuros causando una baja percepción en el ser humano.

Recomendaciones para mantener el nivel de iluminación adecuado

En función de los datos obtenidos en la medición tenemos que tomar en cuenta lo siguiente:

- Reemplazar los sistemas convencionales por sistemas led y evaluar constantemente los niveles de iluminación de cada espacio de la FEIRNNR, de esta manera se cumple la norma “INEC-1153” y se implementa equipos que contribuyen a la eficiencia energética.
- En lo posible reemplazar los tubos que se encuentran en mal estado por tubos leds, así como los balastos magnéticos por electrónicos, conservando la vida útil de la luminaria.
- Utilizar en lo posible la iluminación natural, impulsando el uso de las fuentes naturales, la conservación de energía y el bienestar de las personas que se encuentran en los espacios físicos de estudio o trabajo.

- Implementar luminarias inteligentes que permitan censar la cantidad de personas que se encuentran en situ, además se pueden implementar interfaces de control que permitan el encendido y apagado de las lámparas evitando que se queden encendidas y brindar la iluminación necesaria, ahorrando gran cantidad la energía.

6.4. Desarrollar un Sistema de Gestión de Energía para la FEIRNNR basado en la norma ISO 50001 que sugiera mejoras para la optimización de la energía en la facultad y principalmente mejoras en la calidad de iluminación de los espacios físicos.

6.4.1. Estimado de cuantas personas ocupan la facultad

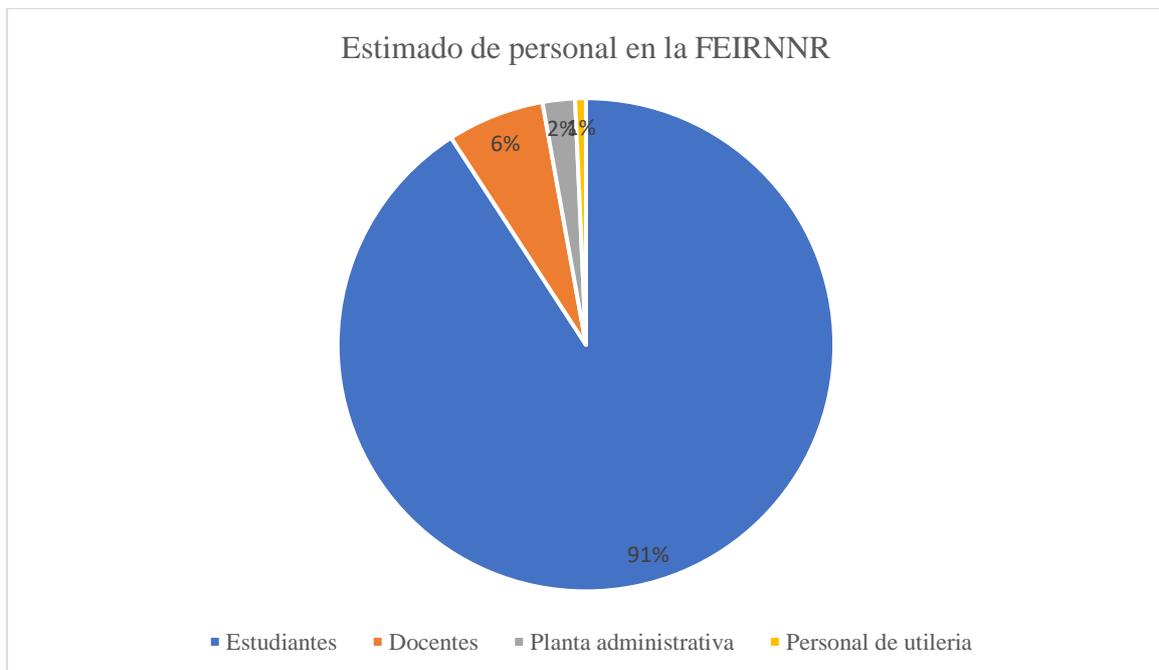


Figura 63 Porcentaje del personal existente en la FEIRNNR

Fuente: Información extraída de la página de la UNL

La información que se presenta en la Figura 63 nos permitirá encontrar una relación de la cantidad de la energía que se utiliza con el número de personas que ocupan la facultad.

6.4.2. Distribución energética por sectores de la FEIRNNR

En las siguientes figuras se detalla las dependencias de cada bloque de la FEIRNNR en donde la energía se distribuye en cada uno de estos espacios. La carga o corriente consumida depende de la cantidad de elementos o portadores energéticos activos y de la cantidad de dependencias.

Entre los espacios que se detallan en cada bloque tenemos aulas, laboratorios, salas de cómputo, oficinas, cuartos de utilería, bodegas, baños, pasillos etc., se presentan a continuación:

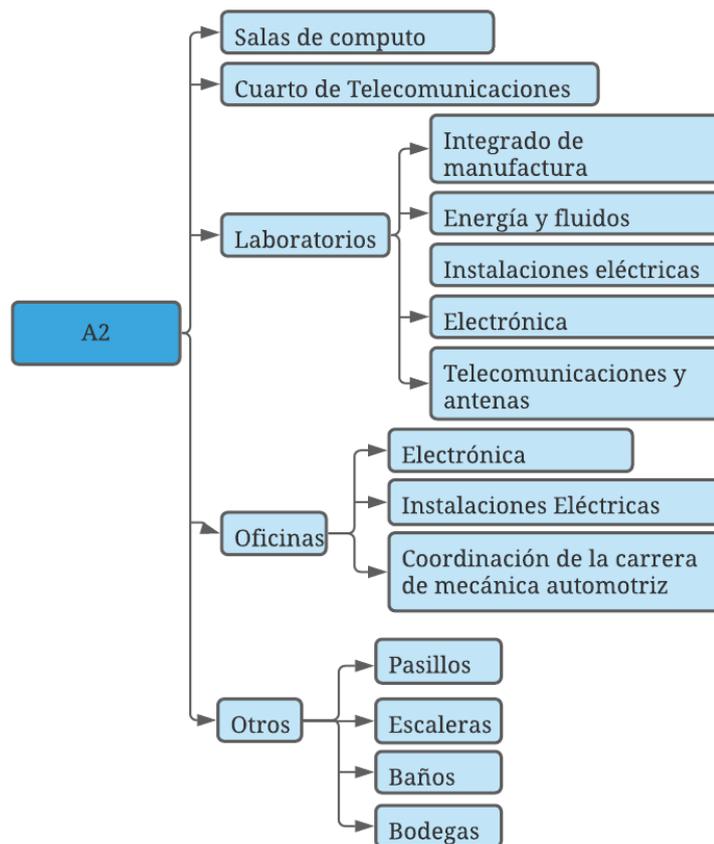


Figura 64 Distribución energética del bloque A2
Fuente: FEIRNNR

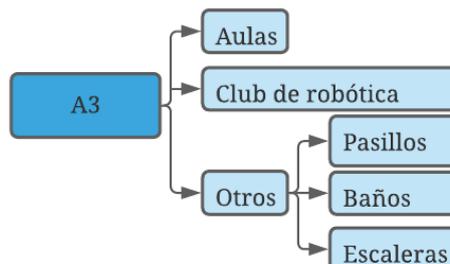


Figura 65 Distribución energética del bloque A3
Fuente: FEIRNNR

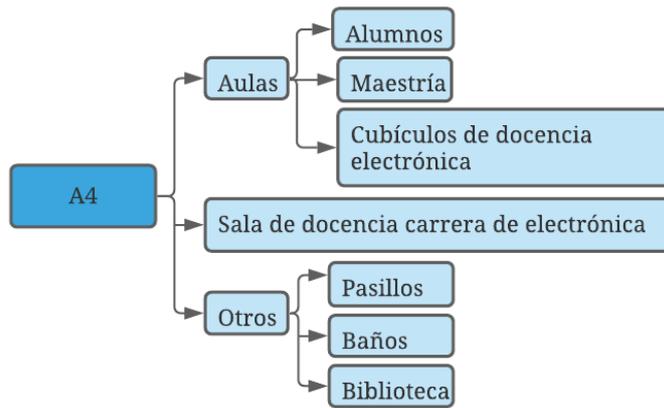


Figura 66 Distribución energética del bloque A4
Fuente: FEIRNNR

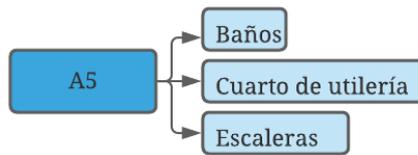


Figura 67 Distribución energética del bloque A5
Fuente: FEIRNNR



Figura 68 Distribución energética del bloque A6
Fuente: FEIRNNR

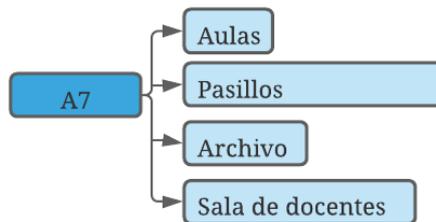


Figura 69 Distribución energética del bloque A7
Fuente: FEIRNNR

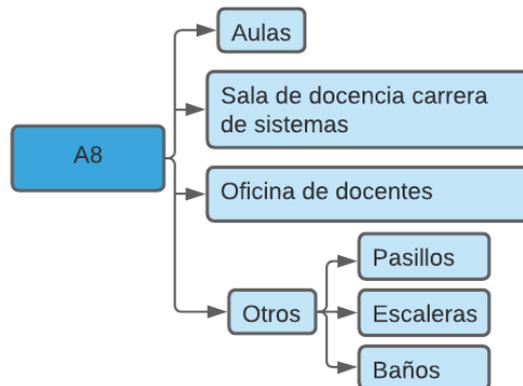


Figura 70 Distribución energética del bloque A8
Fuente: FEIRNNR

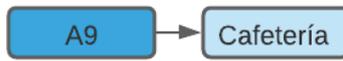


Figura 71 Distribución energética del bloque A9
Fuente: FEIRNNR

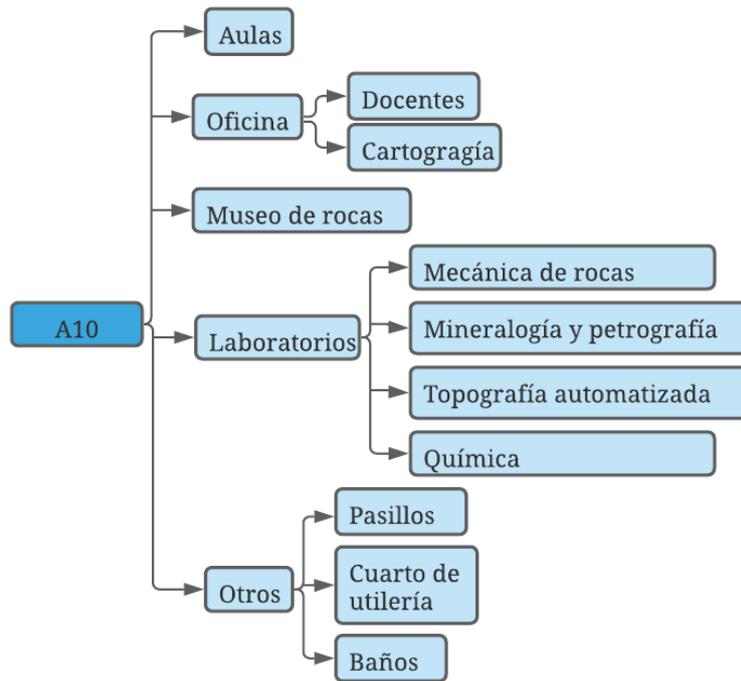


Figura 72 Distribución energética del bloque A10
Fuente: FEIRNNR

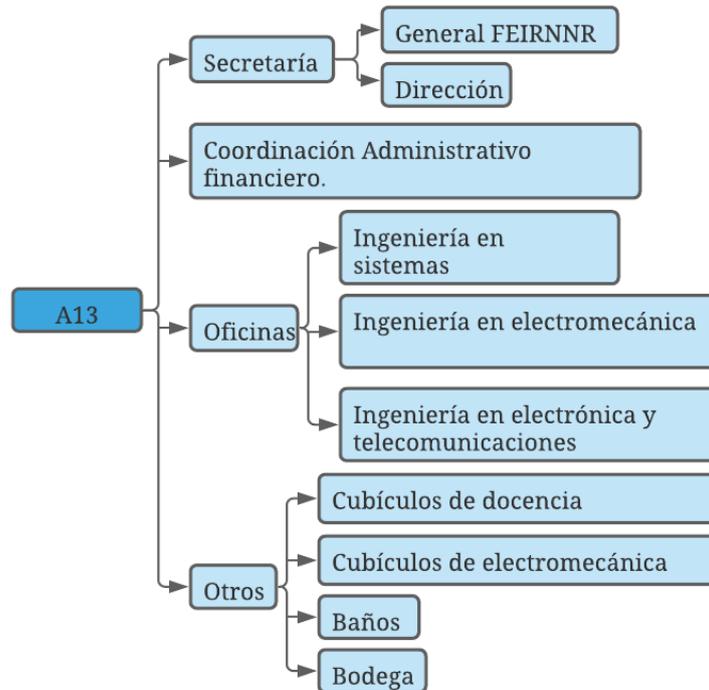


Figura 73 Distribución energética del bloque A13
Fuente: FEIRNNR

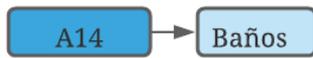


Figura 74 Distribución energética del bloque A14
Fuente: FEIRNNR

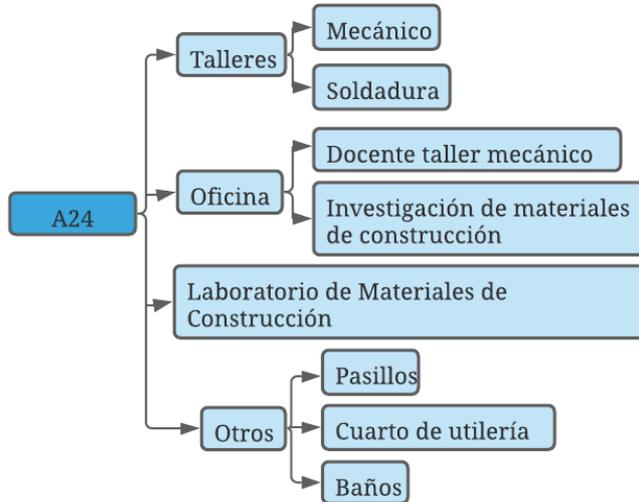


Figura 75 Distribución energética del bloque A24
Fuente: FEIRNNR

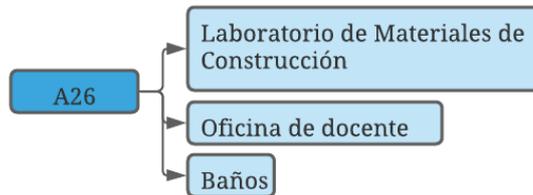


Figura 76 Distribución energética del bloque A26
Fuente: FEIRNNR

6.4.3. Plan de eficiencia energética basada en la iluminación

6.4.3.1. Reemplazo de luminarias

Este proyecto se enfoca en reducir el consumo de energía mediante el empleo de lámparas y/o dispositivos de mayor eficiencia, por lo tanto, en el presente plan de eficiencia se hace el cálculo del consumo anual (ver Figura 77) y el porcentaje de ahorro económico que representa el reemplazo del sistema fluorescente por el sistema led.

A continuación, se presenta algunos beneficios de la luminaria led que se recomienda como una solución de eficiencia energética para la FEIRNNR, para más detalle se puede revisar el anexo D.

Tabla 36 Beneficios lampara led proyectada

DP DALI 1500 55 W 6500 K IP65 GY

Beneficios del producto



- Luz distribuida uniformemente.
- Ahorro de energía de hasta un 50%
- Alta compatibilidad gracias a la certificación DALI-2
- Fácil instalación, no se requieren herramientas para la conexión
- 5 años de garantía

Fuente: Anexo D

En la presente figura se detalla el consumo anual en Kilovatio/hora (kWh) del sistema de iluminación actual frente al consumo proyectado correspondiente a cada bloque de la FEIRNNR, al realizar el reemplazo de las luminarias leds se genera un ahorro de consumo de energía mayor al 30%.

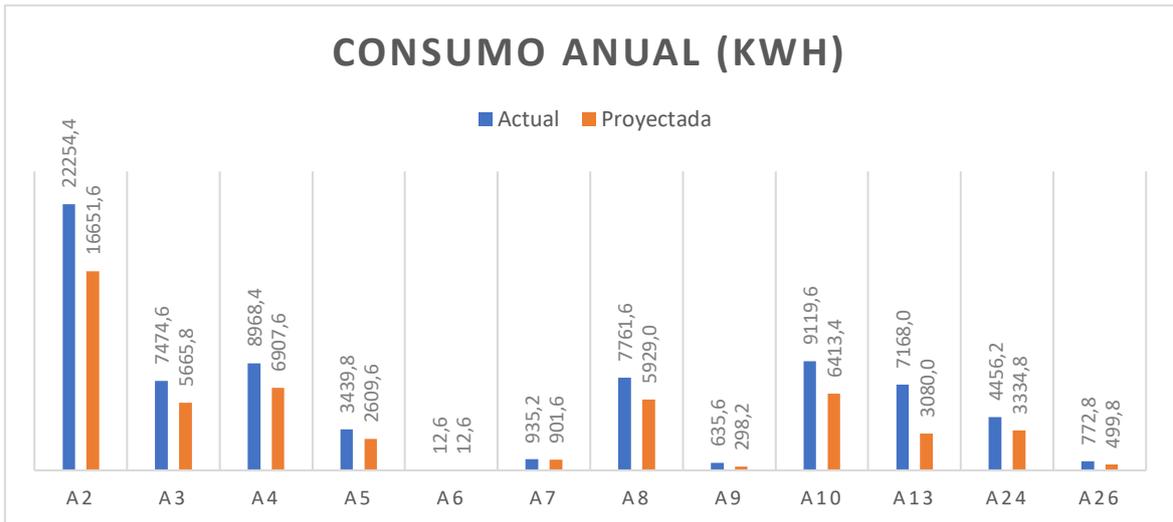


Figura 77 Consumo anual de energía de la FEIRNNR representado en KWh
Fuente: Propia

En la Figura 78 se representa el porcentaje de ahorro económico que se generaría al implementar el sistema de iluminación led en la FEIRNNR.

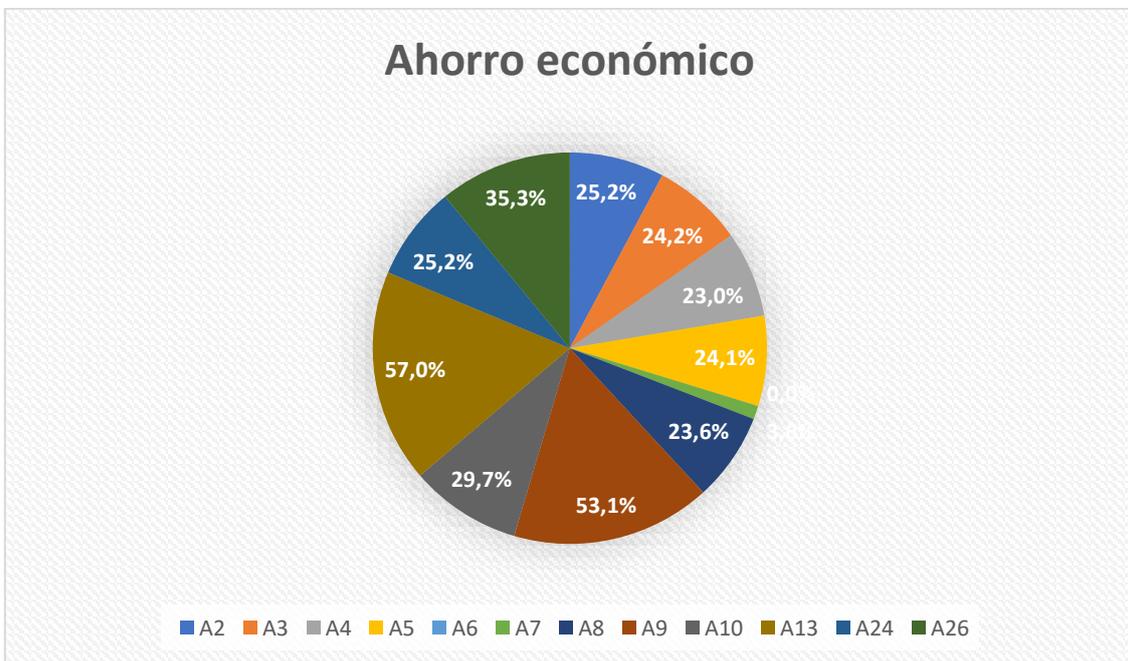


Figura 78 Ahorro económico por reemplazo de luminarias
Fuente: Propia

Por lo tanto, utilizar luminarias más eficientes en la FEIRNNR, Universidad Nacional de Loja, entidades privadas y/o públicas se genera menor consumo de energía y un ahorro económico etc., es por esto que se propone el reemplazo por sistemas más eficientes.

El nuevo sistema de iluminación comprende el reemplazo de lámparas de menor potencia reduciendo el consumo de energía eléctrica anuales de 72998,8kWh a 52304,0kWh, significando una disminución de alrededor del 30% en el consumo de energía eléctrica actual.

El costo promedio de la energía eléctrica en la ciudad de Loja esta alrededor de los \$0,1 dólares por cada kWh, permitiendo reducir el gasto a \$5230,58 por año de los \$7299,88 que aproximadamente se gasta actualmente en la FEIRNNR, generando un ahorro anual de \$2069,48, únicamente por el cambio a luminarias led.

6.4.3.2. Uso de balastos electrónicos

Se propone el reemplazo de los balastos magnéticos por electrónicos trayendo beneficios como:

- No genera parpadeos en las lámparas fluorescentes produciendo una luz continua, esto gracias a su calidad y eficiencia aumentando la vida útil de las lámparas.
- Diseñados especialmente para soportar los picos y variaciones del voltaje.
- Son utilizados para sistemas de arranque rápido como de arranque instantáneo.
- Se comunican con la interfaz DALI, que permitirá el control individual del encendido, apagado y regulación de los niveles de iluminación.

Los diferentes balastos electrónicos serán los apropiados para cada tipo de lámparas e irán instalados en la estructura de cada luminaria, en la Figura 79 se puede apreciar el balastro HF-Basic II for TL-D lamps (Ver anexo F), propuesto como reemplazo a los balastos magnéticos en los sistemas actuales.



Figura 79 Balastro electrónico de marca Philips
Fuente: Anexo F

Tabla 37 Costo balastros electrónicos de la marca Philips

Bloque	Descripción	Cantidad	Costo Total	
A2	HF-Basic II for TL-D lamps	212	\$ 4.452	
A3		72	\$ 1.512	
A4		77	\$ 1.617	
A5		31	\$ 651	
A8		77	\$ 1.617	
A9		10	\$ 210	
A10		72	\$ 1.512	
A13		40	\$ 840	
A24		42	\$ 882	
A26		6	\$ 126	
		Total		\$ 13.419

Fuente: Proyecto Smart UNL

Es importante mencionar, que el uso de balastros electrónicos se limita en áreas como aulas, oficinas administrativas, pasillos, laboratorios, talleres mecánicos, mientras que en los demás espacios se mantendrán los circuitos convencionales, además solo se reemplazarán los focos fluorescentes y/o incandescentes.

6.4.3.3. Reparación o readecuación de diferentes espacios de estudio y trabajo

Durante el proceso de muestro en los espacios físicos de trabajo o estudio de la FEIRNNR se observó que existen estancias donde su estructura física, elementos y otros están deteriorados o en mal estado, a continuación, se recalcan algunas observaciones y recomendaciones que se deben realizar:

- La humedad causada por la lluvia, clima u otros factores ingresa directamente hacia las lámparas provocando su deterioro, daño o cambios en el sistema de iluminación de los diferentes espacios o áreas físicas, se recomienda se realice las respectivas reparaciones a fin de evitar gastos por mantenimiento, reparación o reemplazo en los sistemas de iluminación.
- En algunas aulas, oficinas, baños, etc., existen cortinas y/o persianas en mal estado, al no poder cerrarlas ingresa iluminación natural alterando los niveles de iluminación adecuados de algunos espacios físicos, se puede considerar así porque la iluminación natural no es uniforme en todo el espacio, por lo tanto, se recomienda su reparación o reemplazo inmediato de las persianas que se encuentran en mal estado.

- En las lámparas fluorescentes existen tubos que se encuentran dañados o en su defecto se encuentra deteriorado el balastro, se propone la revisión técnica de cada lámpara para así mantener los niveles de iluminación adecuados que facilite el correcto desempeño de los estudiantes, docentes y planta administrativa de la FEIRNNR.
- Se sugiere la revisión técnica del estado de los elementos energéticos (tomacorrientes, luminarias, medidores, etc.) y en lo posible su reemplazo inmediato, evitando así que por el mal estado de uno de estos elementos se ponga en riesgo la vida de los seres humanos y el posible daño de los equipos que se estén ocupando en situ.

6.4.3.4. Cambio de medidores.

El consumo de energía en la FEIRNNR ha sido notorio en los últimos años, es decir se observa que este consumo no es homogéneo en todos los años de análisis, incluso en el año 2020 donde el consumo debería ser mínimo existe un consumo excesivo, por lo tanto, se debe recabar mayor información y hacer un análisis más profundo del sistema eléctrico y poder estimar la carga de cada medidor instalado en la facultad.

En vista a este análisis de consumo se recomienda trabajar con medidores de consumo digital con los siguientes beneficios:

- Permite realizar tele gestión, es decir se puede realizar cambios y monitorear la potencia y el consumo en watts en tiempo real de manera remota, identificando los problemas y averías de manera más rápida y precisa.
- Proporciona información fiable y constante sobre el comportamiento de la red eléctrica, lo que permite tomar mejores decisiones, disminuyendo las pérdidas de energía, mejorando la eficiencia energética y aporta a la reducción de emisiones de CO₂.
- Al implementar medidores digitales se contribuye al desarrollo de redes más inteligentes, capaces de integrar a los elementos energéticos y tener mayor control de la energía que consumen.

6.4.4. Propuesta para políticas energéticas de la Universidad Nacional de Loja

La Universidad Nacional de Loja es una institución de Educación Superior laica, autónoma, de derecho público, con personería jurídica y sin fines de lucro; de alta calidad académica y humanística, es así que la institución tiene como objetivo perseguir el uso racional de la energía y reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de acuerdo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), mediante una adecuada gestión del uso de los recursos energéticos en sus operaciones, contribuyendo de esta manera al cumplimiento de las metas del Plan Estratégico de Desarrollo Institucional PEDI 2019 – 2023.

Para alcanzar estos objetivos y metas la Universidad Nacional de Loja, se compromete a:

- Fomentar el uso racional de la energía en sus instalaciones, mediante el empleo de técnicas de ahorro y eficiencia energética.
- Promover prácticas adecuadas en el uso de equipos consumidores de energía entre toda la comunidad universitaria y agentes externos.
- Incentivar la adquisición de equipos eficientes en materia de consumo energético y mejorar las tecnologías existentes para optimizar su desempeño energético.
- Cumplir con lo establecido por la legislación ecuatoriana, reglamentos internos y cualquier instrumento legal pertinente y aplicables al uso adecuado de la energía.
- Asegurar la disponibilidad de información y recursos para alcanzar los objetivos y metas del Sistema de Gestión de Energía de la Universidad Nacional de Loja (SGE - UNL).
- Mejorar continuamente el desempeño del Sistema de Gestión de la Energía, con la participación de toda la comunidad universitaria y agentes externos.

7. DISCUSIÓN

7.1. Desarrollo de la propuesta alternativa

Una vez culminado el proyecto de investigación es indispensable indicar el cumplimiento y desarrollo de los objetivos planteados en la Facultad de energía, industrias y recursos naturales no renovables (FEIRNNR.).

Evaluar la Calidad de Iluminación de interiores de las dependencias de la Facultad de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables.

Para dar cumplimiento a este objetivo se hizo el levantamiento de información de la calidad de iluminación en dependencias de la FEIRNNR que mantengan una iluminación que no cumplan con los requisitos mínimos, se aplicó el método de cuadrícula que consiste en capturar los parámetros necesarios con equipos de medición (luxes) que determinen la uniformidad y la iluminación promedio de cada dependencia, posteriormente se plantea un plan de eficiencia energética que permita el ahorro de energía, reducción del costo para la facultad y la conservación del medio ambiente.

Realizar una auditoria energética de las dependencias de la Facultad de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables.

Se realizó el levantamiento de información del total de elementos o portadores energéticos, el consumo de energía (kWh), sistemas de iluminación, de cada dependencia de la FEIRNNR, finalmente se detallan propuestas de mejoras, recomendaciones y conclusiones técnicas para futuros proyectos o implementación de nuevas tecnologías.

Analizar los sistemas de iluminación de las diferentes dependencias de la FEIRNNR en base a las normativas y estándares nacionales e internacionales vigentes.

Para el cumplimiento de este objetivo se analizó la información recolectada del sistema de iluminación como de la auditoría realizada en el proyecto Smart UNL, identificando los problemas, deficiencias y/o cambios de estado actual del sistema de iluminación, además se propone mejoras y la implementación de nuevas tecnologías de iluminación más eficientes.

Desarrollar un Sistema de Gestión de Energía para la FEIRNNR basado en la norma ISO 50001 que sugiera mejoras para la optimización de la energía en la facultad y principalmente mejoras en la calidad de iluminación de los espacios físicos.

En base al análisis y desarrollo de los objetivos propuestos anteriormente se elaboró una distribución energética de las dependencias de cada bloque de la FEIRNNR, esta distribución permitirá identificar las dependencias que demanden mayor carga eléctrica y por ende mayor consumo energético, y se desarrolló un plan de eficiencia energética y un plan de eficiencia de iluminación con el fin de generar mayores beneficios y plantear nuevas ideas para la conservación de la energía, estas acciones serán claves para determinar el costos-beneficio para la FEIRNNR.

7.2. Valoración técnica económica ambiental

7.2.1. Valoración técnica económica

Para la implementación de este proyecto se tomó en cuenta los recursos humanos y materiales.

Recursos Materiales

Tabla 38 Recursos materiales utilizados en el proyecto

Cantidad	Descripción	Costo Unidad (\$)	Costo Total (\$)
2	Flexómetros	2	4
1	Estilete	1	1
2	Cintas	1	2
8	Metros de plástico	1	8
2	Par de pilas	2	4
1	Cuaderno	1	1
2	Esferos	0,50	1
TOTAL			\$ 21.00

Fuente: Propia

Recursos Económicos

Tabla 39 Recursos económico utilizados durante el proyecto

Descripción	Costo Total (\$)
Transporte	15
Copias	2
Uso del Internet	125
Varias	20
TOTAL	\$ 162

Fuente: Propia

Recursos Tecnológicos

Tabla 40 Recursos tecnológicos utilizados durante el proyecto

Costo Total	Descripción	Costo Total (\$)
1	Portátil	600
1	Luxómetro	150
1	Dispositivo móvil	200
	TOTAL	\$950

Fuente: Propia

Recursos Humanos

Tabla 41 Recursos humanos utilizados durante el proyecto

Cantidad	Descripción	Núm. Horas	Costo c/h	Costo total
1	Director de Tesis	30	0	0
3	Pasantes	30	0	0
	TOTAL			\$0

Fuente: Propia

Recursos Técnicos

Tabla 42 Recursos técnicos utilizados durante el proyecto

Descripción	Costo Total
App UNI-T	0
Software Dialux Evo	0
Software Sylvania	0
TOTAL	\$0

Fuente: Propia

Total, estimado del Proyecto

Tabla 43 Recurso económico total del proyecto

Recursos	Valor
Recursos Humanos	\$ 0
Recursos Materiales	\$ 21
Recursos Económicos	\$ 162
Recursos Técnicos	\$ 0
Recursos Tecnológicos	\$ 950
TOTAL	\$1.133

Fuente: Propia

7.2.2. Valoración ambiental

El uso eficiente de tecnologías más amigables y limpias con el medio ambiente permiten adoptar nuevas técnicas y métodos con el objetivo de reducir la emisión de gases de efecto invernadero, reducir la emisión del CO₂, reducción de consumos energéticos etc.

Al implementar tecnologías más eficientes y conservadoras con el medio ambiente hacemos uso de una de las políticas energéticas propuestas en la Universidad nacional de Loja es por esto que es importante hacer el cambio a estas tecnologías y contribuir al cuidado del medio ambiente.

Cabe concluir que la contaminación ambiental es uno de los problemas más críticos que debe irse disminuyendo en el planeta tierra, es por esto que es imprescindible buscar alternativas más conservadoras con el medio ambiente, por ejemplo, al utilizar la tecnología led estamos evitando trabajar con cantidades de mercurio que contienen los sistemas incandescentes y/o fluorescentes considerados como residuos tóxicos y peligrosos para el ser humano.

8. CONCLUSIONES

- En base al análisis realizado de la información recolectada y del presente proyecto de los sistemas de iluminación, se concluye que en la mayoría de bloques los sistemas de iluminación son deficientes, ya sea por problemas en las lámparas, tubos led o por el uso exigiendo mayor consumo de energía.
- La información y condiciones actuales de los elementos energéticos y de los diversos sistemas de iluminación fueron indispensables para el desarrollo del presente proyecto, se aplicaron diferentes métodos y técnicas para el análisis e interpretación de la información de tal manera que tengan un gran aporte para la FEIRNNR.
- Al implementar la tecnología led en la FEIRNNR se contribuye a la eficiencia energética y la conservación de la energía, disminuyendo así los costos energéticos a corto y largo plazo, esta iluminación no presenta parpadeo en sus luminarias evitando así el deslumbramiento y dolores de cabeza en los seres humanos.
- Actualmente en la FEIRNNR existen algunas dependencias en donde los niveles de iluminación son muy deficientes y se encuentran muy por debajo de la norma “INEN 1153”.
- El software Dialux evo es una herramienta de diseño de iluminación que permite realizar cambios de luminarias de mayor o menor potencia, diseño del espacio a iluminar, separación entre luminarias y altura del montaje, parámetros que son necesarios para obtener un nivel de iluminación adecuado y nos permite tomar como referencia para futuros proyectos de iluminación.
- Durante el muestreo y/o recolección de los niveles de iluminación de cada espacio en la FEIRNNR, se utilizó diferentes luxómetros obteniendo parámetros de medición similares y precisos, se calibro cada equipo para que capture datos de

iluminación natural y artificial en base a sus manuales de configuración correspondiente.

- En vista que no se pudo realizar la medición de los niveles de iluminación en la noche se bloqueó temporalmente el ingreso de la iluminación natural y así simular un sistema de iluminación artificial en cada espacio de medición, obteniendo valores similares a las normas técnicas ecuatorianas “INEN” y apegados a los niveles de iluminación artificial.
- El nuevo sistema de iluminación comprende el reemplazo de lámparas de menor potencia logrando así bajar en el consumo de energía eléctrica anuales de 72998,8KWh a 52304,0KWh, significando una disminución de alrededor del 30% en el consumo de energía eléctrica actual.
- El costo promedio de la energía eléctrica en la ciudad de Loja esta alrededor de los 0,1 dólares por cada KWh, permitiendo reducir el gasto a \$5230,40 por año de los \$7299,88 que se gasta actualmente en la FEIRNNR, generando un ahorro anual de \$2069,48 únicamente por el cambio a luminarias led.
- Es verdad que el cambio a una tecnología más eficiente en principio significaría un costo muy elevado, pero a largo plazo trae mayores beneficios, no solo por el ahorro energético, sino por el recambio de equipos que generaría un ahorro en mantenimiento preventivo ya que tiene un rendimiento mucho mayor frente a las tecnologías convencionales.

9. RECOMENDACIONES

- Se propone utilizar lámparas con sensores que regulen el nivel de iluminación del ambiente ofreciendo una reducción de la emisión de calor con el ahorro de climatización.
- En algunos bloques existen algunos elementos energéticos que se encuentran deteriorados e incluso parte de ellos se encuentran con signos de cortocircuito, se debe realizar al menos dos veces al año inspecciones visuales del estado de los elementos energéticos a fin de brindar un mantenimiento correctivo y/o preventivo.
- Se recomienda el mantenimiento y limpieza del sistema de iluminación, brindando mayor vida útil a estos sistemas y manteniendo los niveles de iluminación en cada uno de los espacios de trabajo de la FEIRNNR.
- Aprovechar las fuentes naturales de iluminación cuando sea posible, esto generara un ahorro de la energía y motiva a utilizar fuentes naturales más amigables con el medio ambiente.
- Se recomienda a la universidad obtener normas de eficiencia energética que permitan la implementación, estudio, y/o análisis de nuevos métodos para la conservación de la energía y el empleo de nuevas políticas de eficiencia energética.

10. BIBLIOGRAFÍA

- ALARCON, J. L. (30 de 12 de 2008). *Condiciones de iluminación en los centros de trabajo*. . Obtenido de <http://asinom.stps.gob.mx:8145/upload/noms/Nom-025.pdf>
- Anónimo. (13 de 02 de 2020). *LED VS Fluorescent*. Obtenido de <https://www.lamparadirecta.es/blog/led-v-s-fluorescent#:~:text=Mejor%20eficiencia%3A%20los%20tubos%20LED,eficientes%20que%20las%20l%C3%A1mparas%20fluorescentes.&text=Vida%20%C3%BAtil%3A%20El%20promedio%20de,de%20policarbonato%20que%20es%20irrompible>.
- Bolilla. (2010). *Óptica Geométrica*. Obtenido de <https://docplayer.es/75243560-Bolilla-10-optica-geometrica-parte-1.html>
- Byron, D. P. (2019). *La luz artificial en los espacios interiores. Análisis expresivo y funcional aplicado en espacios interiores: comercial*. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/9066/1/14711.pdf>
- Caminos, J. (2011). *Criterios de diseño de iluminación y color*. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54026034/criterios_iluminacion.pdf?1501554871=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCRITERIOS_DE_DISENO_EN_ILUMINACION_Y_COL.pdf&Expires=1623455731&Signature=fD70Ryomg7aTNex7xqau-I~yuWr65yvzvzjDa2woS6CpP9
- Coimbra, U. d. (2017). *Fundamentos de la Luz*. Universidad de Coimbra.
- CSIC. (24 de 05 de 2017). *Recomendaciones básicas sobre iluminación*. Obtenido de <http://www.icv.csic.es/prevencion/Documentos/breves/FREMAP/iluminacion.pdf>
- Dayton. (2017). *Luxometro Proskit*. Obtenido de <http://www.dayton.com.ar/resources/archivos/silverline/IPK04617-Baja.pdf>
- Demoestudio. (2019). *Equipamiento integral de espacios*. Obtenido de <https://mobiariodemoestudio.es/iluminacion-artificial-adecuada-espacios-trabajo/>
- Espinoza, P. (2016). *ILUMINACIÓN. Apuntes*. Universidad Politecnica de Valencia, Valencia, España. Obtenido de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/75442/ILUMINACION__GIE-3__2en1.pdf?sequence=1
- Farrás, J. G. (2012). *Iluminación*. Obtenido de <https://www.insst.es/documents/94886/162520/Cap%C3%ADtulo+46.+Iluminaci%C3%B3n>

- Fernández, D. P. (2016). *Si no lo veo no lo creo: "metamateriales"*. Universidad Complutense de Madrid, Madrid. Obtenido de <https://enciende.cosce.org/boletin/index.asp?item=221>
- grlum. (2016). *Diseño y Proyecto*. Obtenido de <https://grlum.dpe.upc.edu/manual/disenoyProyecto-requisitosDiseno.php>
- Guambaña, J. X. (2014). Experimentación en el espacio interior con iluminación, como elemento formal y constructivo. *Trabajo de tesis*. Universidad del Azual, Cuenca. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/3915/1/10520.pdf>
- Iluminet. (2019). *Que es la absorción de la lux*. Obtenido de <https://www.iluminet.com/absorcion-luz/>
- INEN, I. (2003). *ILUMINACIÓN NATURAL EN ESCUELAS REQUISITOS*. Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1153.pdf
- Javier, F. (2006). *Eficiencia energética*. España.
- Laire, M. (2018). *Guía de implementación de Sistemas de Energía basados en ISO 50001*. Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/1OBbFU1XgjCcUt4r8gt79EVubcoLsHAY/view>
- Laire, M. d. (2017). *BENEFICIOS DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DE ENERGÍA*. Obtenido de https://guiaiso50001.cl/guia/wp-content/uploads/2017/05/Casos_exito_correccion9.pdf
- Lechner, N. (2012). *Iluminación. Conceptos generales*. TECTONICA. Obtenido de https://pro-tectonica-s3.s3.eu-west-1.amazonaws.com/art24pdf_1553519579.pdf
- Llamas, P. L. (Marzo de 2009). *EFICIENCIA ENERGÉTICA Y EL MEDIO AMBIENTE*. Obtenido de <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/5204/IIT-09-005A.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Malcolm, I. (2012). *Iluminación en Interiorismo*. Universidad Politécnica de Catalunya, Londres, Inglaterra. Obtenido de https://issuu.com/editorialblume/docs/luz_interiorismo
- MegaKiwi. (2020). *Iluminación*. Obtenido de <https://www.kywi.com.ec/iluminacion>
- Michel. (09 de 2018). *Sistemas de gestión de energía basados en la norma 50001*. Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/1OBbFU1XgjCcUt4r8gt79EVubcoLsHAY/view>
- NEC-11. (2011). *EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA CONSTRUCCIÓN EN ECUADOR*. Obtenido de <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/nec2011-cap-13-eficiencia-energ3a9tica-en-la-construccic3b3n-en-ecuador-021412.pdf>

- Pattini, A. (2000). *Luz Natural e Iluminación de Interiores*. Obtenido de <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap11.pdf>
- Philips. (2021). *HF-Basic II for TL-D lamps*. Obtenido de https://www.lighting.philips.es/api/assets/v1/file/PhilipsLighting/content/comf1879-pss-es_es/LP_CF_HFBII_EU.es_ES.PROF.CF.pdf
- Pinterest. (s.f.). *Ilumina tu espacio*. Obtenido de <https://www.pinterest.com.mx/pin/395472411001752375/>
- PIRO4D. (2017). *Iluminación*. Obtenido de <https://pixabay.com/es/photos/lichtraum-architectura-vivir-1560788/>
- Rocio, E. d. (s.f.). *Estudio de los sistemas de iluminación artificial y sus implicaciones fisiológicas en la salud*. Universidad Nacional de Loja, Loja.
- SALAZAR, D. G. (09 de 2013). *ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE ILUMINACIÓN CONVENCIONAL*. Obtenido de http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2015-09-26_09-48-00129655.pdf
- shoplight. (s.f.). *Tipos de iluminación*. Obtenido de 2019: <https://shoplight.com.mx/blog.php>
- Silva, M. V. (06 de 06 de 2019). *Confort Visual*. Obtenido de <https://repositorio.konradlorenz.edu.co/handle/001/689>
- Vázquez, A. B. (2015). *La luz que nos envuelve*. Obtenido de <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/48885/6/La%20luz%20que%20nos%20envuelve-TEXTO.pdf>
- Wiki. (s.f.). *Lámpara incandescente*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%A1mpara_incandescente

ANEXOS

11. ANEXOS

Anexo A: Especificación técnica del luxómetro UNI-T UT 383/UT383 BT



UT383/UT383BT can effectively measure light intensity and display results in units of Lux or FC on screen. UT383BT can transfer measurement data through bluetooth to UNI-T's custom mobile APP (iENV) for further analysis, storage, and export. iENV can be downloaded from: Google Play, Apple Store, or UNI-T's website by searching 'iENV'.

SPECIFICATIONS

	UT383	UT383BT
Illuminance measurement (LUX)	0-199,900Lux	0-199,900Lux
Illuminance measurement (FC)	0-18,500Fc	0-18,500Fc
Accuracy	0-9999Lux/0-999Fc: $\pm(4\%+8)$	
	$\geq 10000\text{Lux}/\geq 1000\text{Fc}$: $\pm(5\%+10)$	
	$\geq 100000\text{Lux}/\geq 9999\text{Fc}$: $\pm(5\%+10)$	
Resolution	1Lux (0-9999Lux)	
	10Lux ($\geq 10,000\text{Lux}$)	
	100Lux ($\geq 100,000\text{Lux}$)	
	1Fc (0-9999Fc); FC=Lux/10.76 10Fc ($\geq 10,000\text{Fc}$); FC=Lux/10.76	
Sampling time	0.5s	
Features		
APP		√
Bluetooth*		√
Overload indication	OL	OL
MAX/MIN	√	√
Data hold	√	√
LCD backlight	√	√
Auto power off	√	√
Low battery indication	√	√
Tripod mounting hole		√



● UT383 BT

GENERAL CHARACTERISTICS

Power	1.5V battery (R03) x 3
Display	32mm x 26mm
Product color	Red and grey
Product net weight	118g
Product size	160mm x 50mm x 28mm
Standard accessories	Batteries
Standard individual packing	Blister, English manual
Standard quantity per carton	UT383: 40pcs; UT383 BT: 20pcs
Standard carton measurement	UT383: 505mm x 330mm x 280mm UT383 BT: 332mm x 262mm x 290mm
Standard carton gross weight	UT383: 8.42kg; UT383 BT: 4.2kg

Anexo B: Especificación técnica del luxómetro i-346

ILLUMINOMETER

i-346

SIMPLE, VERSATILE, INTUITIVE ILLUMINOMETER i-346 MONITORS ILLUMINATION MEASUREMENTS AT EVERY LEVEL

The i-346 is an easy-to-use illuminance meter, with a long history in light measurement technology and the design of quality exposure meters. Readings can be made in three different modes: single, continuous, or delayed up to 60 seconds. The large readout can be customized to display in either lux (lx) or foot-candle (fc) increments.



Measuring functions & features

- ✓ Continuous measuring mode and Single measuring mode
- ✓ Timer function (in Single measuring mode only) — 1 to 60 sec.
- ✓ Selectable LUX/FC display
- ✓ Movie/TV: Control dramatic lighting



Customer & Application:

- ✓ Industry: Work Place Illumination
- ✓ Government: Health Standards
- ✓ Police: Safety
- ✓ Sports: Conform to standards
- ✓ Museum/Gallery: Display Illumination
- ✓ Agriculture: Regulate light for best growing
- ✓ Movie/TV: Control dramatic lighting



Industrial



Office



Stadium

Specification for Illuminometer

Type	Digital illuminometer for ambient light
Light receptor element	Silicon photo diode
Light source measured	Ambient light
Measuring method	Incident light only (fixed lumidisc)
Measuring cycle	0.5 seconds
Measuring range	2.50 lx to 200,000 lx 0.23 to 18,600 fc
Display	Unit: Lux(lx), Foot-candle(fc) Significant digits : 3 digits
Linearity	+/-5% (23 +/-2 degrees Celsius)
Other functions	Out of measurement range: UNDER or OVER warning display Battery power indicator display Automatic power OFF function(About 4 minutes after last operation)
Battery use	AA battery 1.5V x 1(Alkaline, manganese, lithium, NiMH)
Operating temperature	0°C to 40 °C
Storage temperature	-20°C to 60 °C
Dimensions (W x H x D)	Approx. 63 x 110 x 22 mm
Weight	Approx. 75g(without battery)
Standard accessories	Soft case

Anexo C: Especificación técnica del luxómetro Proskit MT-4617 LED

Aplicaciones de amplio rango

Mide toda la luz producida por todos los colores visibles de LED, lámpara fluorescente, lámpara de halógenos metálicos, lámpara de sodio de alto voltaje o lámpara incandescente eléctrica. El rango de medición es de hasta: 0.00 ~ 200000 Lux / 0~20000 FC

Medición de alta calidad

Sensor de fotodiodo de alta precisión incorporado y filtro de corrección de color para uso en interiores

Medidor de doble escala

Pantalla de gráfico de barras analógica y de dígitos

Rango automático y manual

Medición de valor pico y relativo

Funciones

fáciles de usar Max./Min. pantalla de valor, indicación de batería baja, unidad Lux / FC, apagado automático, luz de fondo, retención de datos, calibración cero



Widely Range applications

Measuring all light produced by all visible color of LED, fluorescent lamp, metal-halide lamp, high voltage sodium lamp or electric incandescent lamp. Measuring range is up to : 0.00~200000 Lux / 0~20000 FC

High quality measurement

Built-in high precision photo diode sensor and color correction filter for indoor use

Dual-scale meter

Both digits and analog bargraph display

Auto and manual range

Relative and peak value measurement

User Friendly functions

Max./Min. value display, Low battery indication, Lux/FC unit, Auto power off, Backlight, Data hold, Zero calibration



Measuring all LED and visible light up to 200000 Lux / 20000 FC

Especificaciones	MT-4617LED
Distancia	20 - 200 - 2000 - 20000 - 200000 Lux 20 - 200 - 2000 - 20000 FC
Rango espectral de anillo	320~730nm
Precisión	± 3% (calibrado a lámpara incandescente estándar y LED a 2854 K) ± 6% (calibrado a otra fuente de luz visible)
Aplicaciones	Para toda la luz visible y LED de color blanco, rojo, amarillo, verde, azul, violeta
Selección de unidad	Lux,FC (velas de pie)
Sensor	Fotodiodo de silicio
Tiempo de muestreo	≥2 veces / seg.
Apagado automático	10 min después de no usar
Sonido de operación	Selección
Indicador de batería baja	<7V
Entorno operativo	0 ~ 85% RH, -10 ~ 50 ° C (sin condensación)
Entorno de almacenamiento	0 ~ 70% RH , -10~50 ° C (sin condensación)
Altitud operativa	Max. 2000m
Fuente de alimentación	9V (no incluido)
Peso	154 g (sin incluir la batería)
Dimensión	170x85x45mm
Accesorio	Bolsa de almacenamiento, manual de instrucciones

Anexo D: Especificación técnica de lámpara DP DALI 1500 55 W 6500 IP65 GY



PRODUCT DATASHEET

DP DALI 1500 55 W 6500 K IP65 GY

DAMP PROOF DALI | Damp-proof luminaires, classic shape, with DALI interface

Areas of application

- Industrial and storage facilities
- DALI installations
- Car parks and underpasses
- Garages
- Workshops, assembly lines



Product benefits

- Evenly distributed light
- Energy savings of up to 50 % (compared to luminaires that use fluorescent lamps)
- High compatibility thanks to DALI-2 certification
- Easy installation, no tools required for connection
- 5 years guarantee

Product features

- High luminous efficacy: up to 115 lm/W
- Type of protection: IP65
- Beam angle: 105°



TECHNICAL DATA

Electrical data

Nominal wattage	55.00 W
Operating mode	Integrated LED driver
Nominal voltage	220...240 V
Nominal current	239 mA
Inrush current	40 A
Inrush current time T_{H50}	178 μ s
Power factor λ	> 0,90
Mains frequency	0/50/60 Hz
Max. no. of lum. on circuit break. B16 A	22
Max. no. of lum. on circuit break. C10 A	21
Max. no. of lum. on circuit break. C16 A	36
Total harmonic distortion	< 6 %

Photometrical data

Color temperature	6500 K
Luminous flux	6400 lm
Luminous efficacy	115 lm/W
Light color (designation)	Cool Daylight
Standard deviation of color matching	\leq 5 sdcM
Color rendering index Ra	> 80

Light technical data

Beam angle	105 °
------------	-------

Dimensions & weight



Length	1500.00 mm
Height	78.00 mm
Width	95.00 mm
Product weight	2300.00 g

Colors & materials

Body material	Polycarbonate (PC)
Product color	Gray
Housing color	Gray
Cover material	Polycarbonate (PC)
Light emitting surface material	Polycarbonate

Temperatures & operating conditions

Ambient temperature range	-30...+40 °C
---------------------------	--------------

Lifespan

Number of switching cycles	25000
Lifespan L70/B50 at 25 °C	50000 h
Lifespan L80/B10 at 25 °C	35000 h
Lifespan L90/B10 at 25 °C	20000 h

Additional product data

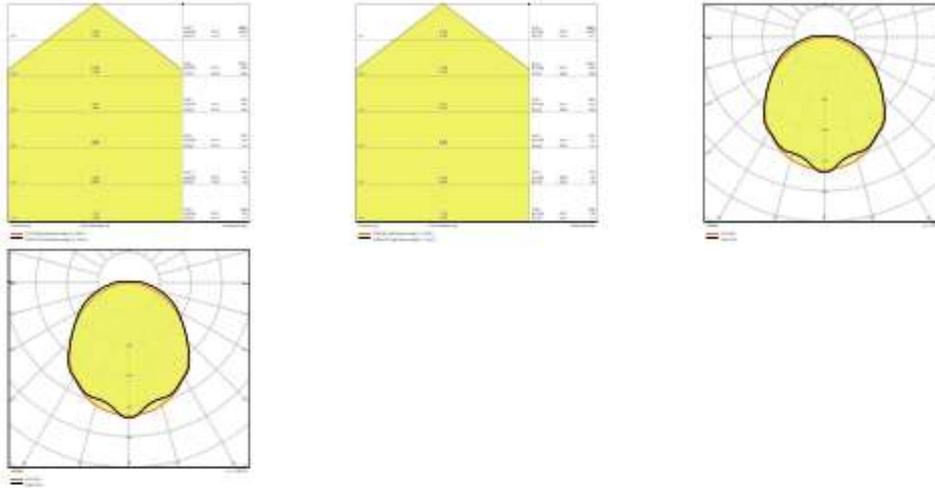
Mounting type	Suspended/Surface
Mounting location	Ceiling / Wall

Capabilities

Dimmable	Yes
Type of connection	Screwless terminal, 5-Pole
LED module replaceable	Not replaceable

Certificates & standards

Protection class IK (shock resistance)	IK08
Glow Wire Test according to IEC 60695-2-12	650 °C
Photobiological safety group acc. to EN62778	RG0
Protection class	I
Type of protection	IP65
Ball shot safe	No
Standards	CE / CB / EAC / RoHS
Luminaire with limited surface temperature, class "D"	Yes



EQUIPMENT / ACCESSORIES

- Stainless steel clamps with safety screws included
- Mounting accessories included (suspension kit, theft protection kit)

DOWNLOAD DATA

DOWNLOAD DATA	
	Tender documents Tender Text 4058075210165
	Declarations of conformity DAMP PROOF DALI
	IES file (IES) DampProof DALI 1500 55W 6500K IP65
	LDT file (Eulumdat) DAMP PROOF DALI 1500 55W 6500K IP65
	R3D file (Relux 3D Model) DAMP PROOF 1500
	M3D File (3D Model) DAMP PROOF 1500

DOWNLOAD DATA



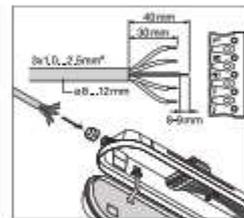
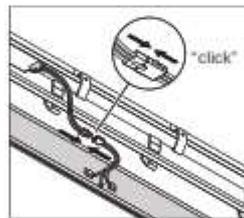
UGR file (UGR table)
DampProof DALI 1500 55W 6500K IP65

LOGISTICAL DATA

Product code	Packaging unit (Pieces/Unit)	Dimensions (length x width x height)	Gross weight	Volume
4058075210165	Folding box 1	86 mm x 1,507 mm x 104 mm	2528.00 g	13,48 dm ³
4058075210172	Shipping box 6	1,525 mm x 333 mm x 192 mm	16355.00 g	97,50 dm ³

The mentioned product code describes the smallest quantity unit which can be ordered. One shipping unit can contain one or more single products. When placing an order, for the quantity please enter single or multiples of a shipping unit.

ADDITIONAL CATALOG INFORMATION



References / Links

- For Guarantee see www.ledvance.com/guarantee

DISCLAIMER

Subject to change without notice. Errors and omission excepted. Always make sure to use the most recent release.

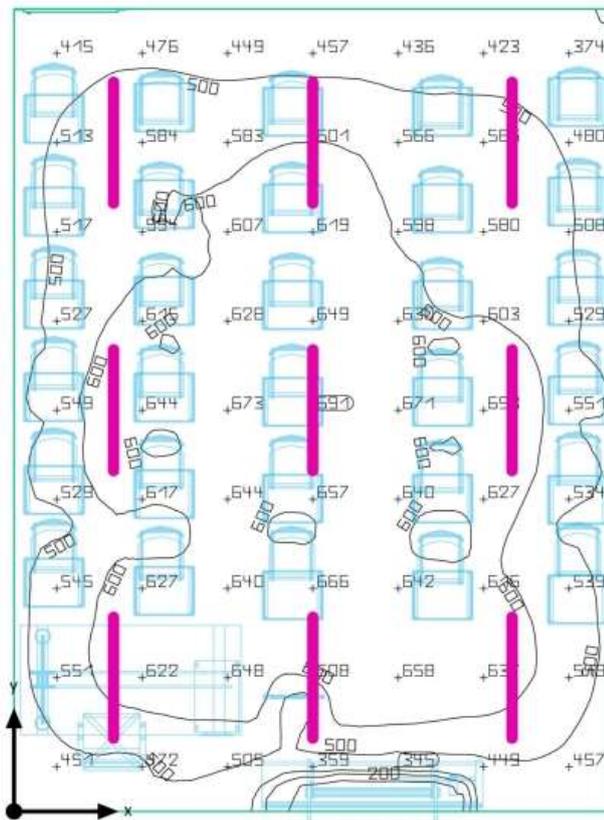
Anexo E: Cálculos de los niveles de iluminación en el software

proyecto1

DIALux

Edificación 1 · Planta (nivel) 1 · Aula

Resumen



Base: 39.73 m² | Grado de reflexión: Techo: 84.4 %, Paredes: 70.3 %, Suelo: 45.8 % | Factor de degradación: 0.80 (Global) | Altura interior del local: 2.800 m | Altura de montaje: 2.700 m

1

Edificación 1 · Planta (nivel) 1 · Aula

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Plano útil	E	557 lx	≥ 500 lx	✓
	g _i	0.23	-	-
Valores de consumo	Consumo	470 - 740 kWh/a	máx. 1400 kWh/a	✓
Potencia específica de conexión	Local	6.80 W/m ²	-	-
		1.22 W/m ² /100 lx	-	-

Perfil de uso: Configuración DIALux predeterminada, Estándar (oficina)

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
9	LEDVANCE	4058075218086	DAMP PROOF DALI 1500 30 W 6500 K IP65 GY	30.0 W	3500 lm	116.7 lm/W

Anexo F: Especificaciones técnicas de balastro electrónico



HF-Basic II for TL-D lamps

HF-B 136/236 TL-D EII 220-240V 50/60Hz

Affordable, reliable, CE complying, high frequency electronic ballast for TLD fluorescent lamps (ideal alternative for electromagnetic (EM) ballasts)

Product data

General information	
Application Code	511
Type Version	0161
Lamp Type	TL-D
Number of Lamps	2 piece/unit
Number of Products on MCB (16A Type B) (Nom)	20
Automatic Restart	Yes
Operating and Electrical	
Input Voltage	220 to 240 V
Input Frequency	50 to 60 Hz
Operating Frequency (Max)	~44 kHz
Operating Frequency (Min)	42 kHz
Operating Frequency (Nom)	45 kHz
Ignition Method	Cold Start
Crestfactor (Max)	1.7
Power Factor 100% Load (Nom)	0.96
Ignition Time (Max)	0.5 s
Mains Voltage Performance (AC)	-8% +6%
Mains Voltage Safety (AC)	-10% +10%
Earth Leakage Current (Nom)	0.5 mA

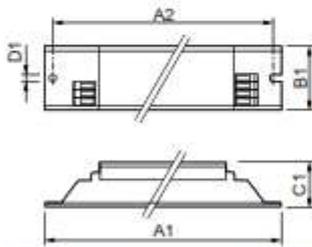
Inrush Current Width	0.25 ms
Constant Wattage Deviation	-2%/+2%
Ballast Factor (Nom)	0.95
Power Losses (Nom)	4.0 W
Inrush Current Peak (Max)	18 A
Wiring	
Connector Type Input Terminals	WAGO 251 universal connector (Suitable for both automatic wiring (ALF and ADS) and manual wiring)
Cable Capacity Output Wires Mutual (Nom)	120 pF
Connector Type Output Terminals	WAGO 251 universal connector (Suitable for both automatic wiring (ALF and ADS) and manual wiring)
Cable Length From Device to Lamp	2.00 m
Cable Length Hot Wiring	0.75 m
Wire Striplength	8.0-8.0 mm
Dual Fixture Master/Slave	Yes (Master/Slave operation possible)
Input Terminal Cross Section	0.50-1.00 mm ²
Output Terminal Cross Section	1.50-1.00 mm ²
Auto Insert (ALF/ADS) Wire Cross Section	0.5 mm ²
Cable Capacity Output Wires to Earth (Nom)	120 pF

HF-Basic II for TL-D lamps

System characteristics	
Rated Ballast-Lamp Power	36 W
Rated Lamp Power on TL-D	36 W
System Power on TL-D	36.5 W
Lamp Power on TL-D	32 W
Power Loss on TL-D	4.5 W
Temperature	
T-Ambient (Max)	50 °C
T-Ambient (Min)	-15 °C
T-Storage (Max)	80 °C
T-Storage (Min)	-40 °C
T-Case Lifetime (Nom)	75 °C
T-Case Maximum (Max)	75 °C
T-Ignition (Max)	50 °C
T-Ignition (Min)	-15 °C
Mechanical and Housing	
Housing	- [Not Specified]
Emergency Operation	
Battery Voltage Lamp Ignition	195-254 V
Battery Voltage Lamp Operation	170-254
Approval and Application	
Energy Efficiency Index	A2
EMI 9 kHz - 30 MHz	EN55015
EMI 30 MHz - 1000 MHz	EN55022 level A

Safety Standard	IEC 61347-2-5
Performance Standard	IEC 60929
Quality Standard	ISO 9000 2000
Environmental Standard	ISO 14001
Harmonic Current Emission Standard	IEC 61000-5-2
EMC Immunity Standard	IEC 61547
Vibration Standard	IEC68-2-6 Fc
Bumps Standard	IEC 68-2-39 Kb
Humidity Standard	EN 61347-2-3 clause 1)
Approval Marks	CE marking EMC certificate VDE-EMV certificate
Temperature Marking	Yes
Emergency Standard	IEC 60598-2-22
Hum And Noise Level	Ins:055a
Product Data	
Full product code	8715009315800
Order product name	HF-B (36/236 TL-D EII 220-240V 30/60Hz
EAN/UPC - Product	871500931580
Order code	811700192566
Numerator - Quantity Per Pack	1
Numerator - Packs per outer box	12
Material Nr. (ZINC)	911700192566
Net Weight (Pieces)	0.215 kg

Dimensional drawing



HF-B 236 TL-D EII 220-240V 30/60Hz

Product	D1	C1	A1	A2	B1
HF-B (36/236 TL-D EII 220-240V 30/60Hz	4.2 mm	28.0 mm	280.0 mm	265.0 mm	30.0 mm

HF-Basic II for TL-D lamps



© 2016 Signify Holding. All rights reserved. Signify does not give any representation or warranty as to the accuracy or completeness of the information included herein and shall not be liable for any action in reliance thereon. The information presented in this document is not intended as any commercial offer and does not form part of any quotation or contract, unless otherwise agreed by Signify Philips and the Philips Shield Emblem are registered trademarks of Koninklijke Philips N.V.

www.lighting.philips.com
2016, August 17 - data subject to change

Anexo G: Cálculo del consumo anual de energía en Kilowatio/Hora

Bloque A2													
Sistema Actual	Sistema Proyectoado	Total	Watts Actual	Watts Proyectoado	Total, consumo Watts Actual	Total, consumo Watts Proyectoado	Horas	Días	Meses	Total, consumo anual Actual (kWh)	Total, consumo anual Proyectoado (Kwh)	Costo actual (kWh)	Costo proyectado (kWh)
Lámparas Fluorescentes	Lámparas Led	212	96	55	20352	11660	15	22	12	83995,6	47599,2	8399,56	4759,92
Focos fluorescentes	Focos Led	7	16	15	112	105							
Focos incandescentes	Focos Led	11	60	15	660	165							
Focos Led	Focos Led	3	9	15	27	45							
Ojos de buey fluorescentes	Ojos de buey led	3	12	9	36	27							
Ojos de buey led	Ojos de buey Led	2	12	9	24	18							
					21211	12020							
Bloque A3													
Sistema Actual	Sistema Proyectoado	Total	Watts Actual	Watts Proyectoado	Total, consumo Watts Actual	Total, consumo Watts Proyectoado	Horas	Días	Meses	Total, consumo anual Actual (Kwh)	Total, consumo anual Proyectoado (kWh)	Costo actual (kWh)	Costo proyectado (kWh)
Lámparas Fluorescentes	Lámparas Led	72	96	55	6912	3960	15	22	12	28056,6	16097,4	2805,66	1609,74

Lámparas Led	Se mantiene	4	32	15	128	60								
Focos Led	Se mantiene	3	15	15	45	45								
					7085	4065								
Bloque A4														
Sistema Actual	Sistema Proyectado	Total	Watts Actual	Watts Proyectado	Total, consumo Watts Actual	Total, consumo Watts Proyectado	Horas	Días	Meses	Total, consumo anual Actual (kWh)	Total, consumo anual Proyectado (kWh)	Costo actual (kWh)	Costo proyectado (kWh)	
Lámparas Fluorescentes	Lámparas Led	77	96	55	7392	4235	15	22	12	33921,4	20869,2	3392,14	2086,92	
Lámparas Led	Se mantiene	13	18	15	234	195								
Focos Incandescentes	Focos Leds	4	40	15	160	60								
Focos Led	Se mantiene	52	15	15	780	780								
					8566	5270								
Bloque A5														
Sistema Actual	Sistema Proyectado	Total	Watts Actual	Watts Proyectado	Total, consumo Watts Actual	Total, consumo Watts Proyectado	Horas	Días	Meses	Total, consumo anual Actual (kWh)	Total, consumo anual Proyectado (kWh)	Costo actual (kWh)	Costo proyectado (kWh)	
Lámparas Fluorescentes	Lámparas Led	31	96	55	2976	1705	15	22	12	12676,0	7642,8	1267,60	764,28	
Lámparas Led	Se mantiene	4	15	15	60	60								

Focos Incandescentes	Focos Leds	6	15	15	90	90							
Focos Fluorescentes	Se mantiene	5	15	15	75	75							
					3201	1930							

Bloque A6

Sistema Actual	Sistema Proyectado	Total	Watts Actual	Watts Proyectado	Total, consumo Watts Actual	Total, consumo Watts Proyectado	Horas	Días	Meses	Total, consumo anual Actual (kWh)	Total, consumo anual Proyectado (kWh)	Costo actual (kWh)	Costo proyectado (kWh)
Foco Led	Se mantiene	1	15	15	15	15	15	22	12	59,4	59,4	5,94	5,94
					15	15							

Bloque A7

Sistema Actual	Sistema Proyectado	Total	Watts Actual	Watts Proyectado	Total, consumo Watts Actual	Total, consumo Watts Proyectado	Horas	Días	Meses	Total, consumo anual Actual (Kwh)	Total, consumo anual Proyectado (Kwh)	Costo actual (Kwh)	Costo proyectado (Kwh)
Paneles Led	Se mantiene	12	32	32	384	384	15	22	12	2645,3	2645,3	264,53	264,53
Lámparas Led	Se mantiene	7	32	32	224	224							
Focos Fluorescentes	Focos Leds	4	15	15	60	60							
					668	668							

Bloque A8

Sistema Actual	Sistema Proyectado	Total	Watts Actual	Watts Proyectado	Total, consumo Watts Actual	Total, consumo Watts Proyectado	Horas	Días	Meses	Total, consumo anual Actual (kWh)	Total, consumo anual Proyectado (kWh)	Costo actual (kWh)	Costo proyectado (kWh)
Lámparas Fluorescentes	Lámparas Led	77	96	55	7392	4235	15	22	12	29272,3	16770,6	2927,23	1677,06

Bloque A9

Sistema Actual	Sistema Proyectado	Total	Watts Actual	Watts Proyectado	Total, consumo Watts Actual	Total, consumo Watts Proyectado	Horas	Días	Meses	Total, consumo anual Actual (kWh)	Total, consumo anual Proyectado (kWh)	Costo actual (kWh)	Costo proyectado (kWh)
Focos Fluorescentes	Focos Leds	10	15	15	150	150	15	22	12	1797,8	1104,8	179,78	110,48
Foco Incandescente	Foco Led	7	40	15	280	105							
Ojos de buey Incandescente	Ojos de buey led	2	12	12	24	24							
					454	279							

Bloque A10

Sistema Actual	Sistema Proyectado	Total	Watts Actual	Watts Proyectado	Total, consumo Watts Actual	Total, consumo Watts Proyectado	Horas	Días	Meses	Total, consumo anual Actual (kWh)	Total, consumo anual Proyectado (kWh)	Costo actual (kWh)	Costo proyectado (kWh)
Lámparas Fluorescentes	Lámparas Led	72	96	55	6912	3960	15	22	12	32875,9	18924,8	3287,59	1892,48
Focos fluorescentes	Focos Led	2	32	15	64	30							
Focos incandescentes	Focos Led	21	40	15	840	315							
Lámparas Led	Se mantiene	17	18	18	306	306							
Focos Led	Focos Led	10	15	15	150	150							
Ojos de buey fluorescente	Ojos de buey Led	2	15	9	30	18							
					8302	4779							

Bloque A13

Sistema Actual	Sistema Proyectado	Total	Watts Actual	Watts Proyectado	Total, consumo Watts Actual	Total, consumo Watts Proyectado	Horas	Días	Meses	Total, consumo anual Actual (kWh)	Total, consumo anual Proyectado (kWh)	Costo actual (kWh)	Costo proyectado (kWh)
Lámparas Fluorescentes	Lámparas Led	40	128	55	5120	2200	15	22	12	20275,2	8712,0	2027,52	871,20
					5120	2200							

Bloque A24													
Sistema Actual	Sistema Proyectado	Total	Watts Actual	Watts Proyectado	Total, consumo Watts Actual	Total, consumo Watts Proyectado	Horas	Días	Meses	Total, consumo anual Actual (kWh)	Total, consumo anual Proyectado (kWh)	Costo actual (kWh)	Costo proyectado (kWh)
Lámparas Fluorescentes	Lámparas Led	42	96	55	4032	2310	15	22	12	16596,4	9575,3	1659,636	957,528
Focos fluorescentes	Focos Led	3	32	15	96	45							
Lámparas Led	Se mantiene	1	18	18	18	18							
Focos Led	Focos Led	3	15	15	45	45							
					4191	2418							
Bloque A26													
Sistema Actual	Sistema Proyectado	Total	Watts Actual	Watts Proyectado	Total, consumo Watts Actual	Total, consumo Watts Proyectado	Horas	Días	Meses	Total, consumo anual Actual (kWh)	Total, consumo anual Proyectado (kWh)	Costo actual (kWh)	Costo proyectado (kWh)
Lámparas Fluorescentes	Lámparas Led	6	96	55	576	330	15	22	12	2756,2	1485,0	275,616	148,5
Foco incandescente	Focos Led	3	40	15	120	45							
					696	375							

Tabla 44 Cálculo del consumo anual de energía en Kilowatio/Hora

Anexo H: Calculo niveles de iluminación en base a la recopilación de información

Año	Campus y Facultad	Edificio / Bloque	Piso / Sector / Ala	Aula / oficina / Ambiente	Nombre	Hora de Medición	Tipo de Iluminación Natural/Artificial/Mixta	Tipo de Fuente Lumínica: Incandescente/Fluorescente/Led/Mixta	Iluminación: Directa/Indirecta	Valor promedio (Lux Em)	Valor medido mínimo Em	Uniformidad de Iluminancia E mínima $\geq (E_{media}) / 2$	E_LE GAL	Iluminancia Promedio	UNIFORMIDAD
2021	AFEI RNNR	A10	P1	1	Laboratorio Topografía Automatizada	10:30	Natural		Directa	191	189	95,5	500	NO CUMPLE	CUMPLE
2021	AFEI RNNR	A10	P1	1	Laboratorio Topografía Automatizada	10:40	Artificial	Fluorescente	Directa	323	63	161,5	500	NO CUMPLE	NO CUMPLE
2021	AFEI RNNR	A10	P1	1	Laboratorio Topografía Automatizada	10:50	Mixta	Fluorescente	Directa	550	315	275	500	CUMPLE	CUMPLE
2021	AFEI RNNR	A10	P1	2	Sala de Docencia - Carrera de	11:00	Natural		Directa	353	16	176,5	300	CUMPLE	NO CUMPLE

20 22	AFEI RNNR	A10	P1	3	Geología Sala de Docencia - Carrera de Geología	11:10	Artificial	Fluorescente	Directa	214	107	107	300	NO CUMPLE	CUMPLE
20 23	AFEI RNNR	A10	P1	4	Sala de Docencia - Carrera de Geología	11:20	Mixta	Fluorescente	Directa	492	44	246	300	CUMPLE	NO CUMPLE
20 21	AFEI RNNR	A10	P1	13	Aula	9:00	Natural	Fluorescente	Directa	118	35	59	500	NO CUMPLE	NO CUMPLE
20 21	AFEI RNNR	A10	P1	13	Aula	9:10	Artificial	Fluorescente	Directa	112	28	56	500	NO CUMPLE	NO CUMPLE
20 21	AFEI RNNR	A10	P1	13	Aula	9:20	Mixta	Fluorescente	Directa	45	22,5	22,5	500	NO CUMPLE	CUMPLE
20 21	AFEI RNNR											0	NO CUMPLE	CUMPLE	
20 21	AFEI RNNR	A10	P1	6	Laboratorio de Mineralogía y Petrografía	9:50	Natural		Directa	0	0	0	500	NO CUMPLE	CUMPLE
20 22	AFEI RNNR	A10	P1	6	Laboratorio de Mineral	10:00	Artificial	Fluorescente	Directa	379	175	189,5	500	NO CUMPLE	NO CUMPLE

					ogía y Petrografía										
20	AFEI	A10	P1	6	Laboratorio de Mineralogía y Petrografía	10:15	Mixta	Fluorescente	Directa	340	128	170	500	NO CUMPLE	NO CUMPLE
20	RNNR														
20	AFEI									0				NO CUMPLE	CUMPLE
20	RNNR														
20	AFEI	A8	P1	3	Aula	10:25	Natural		Directa	738	126	369	500	CUMPLE	NO CUMPLE
20	RNNR														
20	AFEI	A8	P1	3	Aula	10:35	Artificial	Fluorescente	Directa	259	87	129,5	500	NO CUMPLE	NO CUMPLE
20	RNNR														
20	AFEI	A8	P1	3	Aula	10:45	Mixta	Fluorescente	Directa	316	107	158	500	NO CUMPLE	NO CUMPLE
20	RNNR														
20	AFEI											0		NO CUMPLE	CUMPLE
20	RNNR														
20	AFEI	A8	P2	4	Aula	8:30	Natural		Directa	955	380	477,5	500	CUMPLE	NO CUMPLE
20	RNNR														
20	AFEI	A8	P2	4	Aula	8:30	Artificial	Fluorescente	Directa	300	87	150	500	NO CUMPLE	NO CUMPLE
20	RNNR														
20	AFEI	A8	P2	4	Aula	8:30	Mixta	Fluorescente	Directa	360	107	180	500	NO CUMPLE	NO CUMPLE
20	RNNR														
20	AFEI													NO CUMPLE	CUMPLE
20	RNNR														
20	AFEI													NO CUMPLE	CUMPLE
20	RNNR														

20	AFEI	A7	P1	1	Aula 1	9:00	Natural		Directa	93	27	46,5	500	NO CUMPLE	NO CUMPLE
20	RNNR														
20	AFEI	A7	P1	1	Aula 1	9:20	Artificial	Fluorescente	Directa	337	175	168,5	500	NO CUMPLE	CUMPLE
20	RNNR														
20	AFEI	A7	P1	1	Aula 1	9:40	Mixta	Fluorescente	Directa	470	240	235	500	NO CUMPLE	CUMPLE
20	RNNR														
20	AFEI													NO CUMPLE	CUMPLE
20	RNNR														
20	AFEI	A7	P1	3	Archivo		Natural	NO APLICA	Directa	269	50	134,5	200	CUMPLE	NO CUMPLE
20	RNNR				o										
20	AFEI	A7	P1	3	Archivo	10:20	Artificial	Fluorescente	Directa	343	76	171,5	200	CUMPLE	NO CUMPLE
20	RNNR				o										
20	AFEI	A7	P1	3	Archivo	10:30	Mixta	Fluorescente	Directa	433	116	216,5	200	CUMPLE	NO CUMPLE
20	RNNR				o										
20	AFEI													NO CUMPLE	CUMPLE
20	RNNR														
20	AFEI	A5	P1	1	Cuarto de utilería	11:00	Natural		Directa	83	27	41,5	200	NO CUMPLE	NO CUMPLE
20	RNNR														
20	AFEI	A5	P1	1	Cuarto de utilería	11:15	Artificial	Fluorescente	Directa	167	44	83,5	200	NO CUMPLE	NO CUMPLE
20	RNNR														
20	AFEI	A5	P1	1	Cuarto de utilería	11:30	Mixta	Fluorescente	Directa	196	91	98	200	NO CUMPLE	NO CUMPLE
20	RNNR														
20	AFEI											0		NO CUMPLE	CUMPLE
20	RNNR														
20	AFEI	A3	P2	1	Sala de docencia de la carrera de	12:00	Natural		Directa	210	19	105	500	NO CUMPLE	NO CUMPLE
20	RNNR														

20	AFEI	A3	P2	1	sistema s	12:20	Artificial	Fluorescente	Directa	251	130	125,5	500	NO CUMPLE	CUMPLE
20	RNNR				Sala de docenci a de la carrera de sistema s										
20	AFEI	A3	P2	1	Sala de docenci a de la carrera de sistema s	12:30	Mixta	Fluorescente	Directa	423	124	211,5	500	NO CUMPLE	NO CUMPLE
20	RNNR														
20	AFEI											0		NO CUMPLE	CUMPLE
20	RNNR														
20	AFEI	A3	P2	4	Aula	8:00	Natural		Directa	558	88	279	500	CUMPLE	NO CUMPLE
20	RNNR														
20	AFEI	A3	P2	4	Aula	8:10	Artificial	Fluorescente	Directa	169	42	84,5	500	NO CUMPLE	NO CUMPLE
20	RNNR														
20	AFEI	A3	P2	4	Aula	8:20	Mixta	Fluorescente	Directa	227	71	113,5	500	NO CUMPLE	NO CUMPLE
20	RNNR														
20	AFEI													NO CUMPLE	CUMPLE
20	RNNR														
20	AFEI	A3	P1	3	Aula	8:40	Natural		Directa	217	53	108,5	500	NO CUMPLE	NO CUMPLE
20	RNNR														
20	AFEI	A3	P1	3	Aula	8:50	Artificial	Fluorescente	Directa	84	38	42	500	NO CUMPLE	NO CUMPLE
20	RNNR														
20	AFEI	A3	P1	3	Aula	9:00	Mixta	Fluorescente	Directa	272	38	136	500	NO CUMPLE	NO CUMPLE
20	RNNR														

20	AFEI												0	NO	CUMPLE
20	RNNR													CUMPLE	
20	AFEI	A3	P2	B1	Baños	9:10	Natural		Directa	370	120	185	100	CUMPLE	NO
20	RNNR													CUMPLE	CUMPLE
20	AFEI	A3	P2	B1	Baños	9:15	Artificial	Fluorescente	Directa	86	80	43	100	NO	CUMPLE
20	RNNR													CUMPLE	
20	AFEI	A3	P2	B1	Baños	9:20	Mixta	Fluorescente	Directa	470	219	235	100	CUMPLE	NO
20	RNNR													CUMPLE	CUMPLE
20	AFEI													NO	CUMPLE
20	RNNR													CUMPLE	
20	AFEI	A3	P2	2	Aula	9:30	Natural		Directa	269	60	134,5	500	NO	NO
20	RNNR													CUMPLE	CUMPLE
20	AFEI	A3	P2	2	Aula	9:35	Artificial	Fluorescente	Directa	278	60	113	500	NO	NO
20	RNNR													CUMPLE	CUMPLE
20	AFEI	A3	P2	2	Aula	9:45	Mixta	Fluorescente	Directa	584	34	292	500	CUMPLE	NO
20	RNNR													CUMPLE	CUMPLE
20	AFEI													NO	CUMPLE
20	RNNR													CUMPLE	
20	AFEI		P1	5	Aula	10:00	Natural		Directa	98	40	49	500	NO	NO
20	RNNR													CUMPLE	CUMPLE
20	AFEI	A3	P1	5	Aula	10:10	Artificial	Fluorescente	Directa	156	76	78	500	NO	NO
20	RNNR													CUMPLE	CUMPLE
20	AFEI	A3	P1	5	Aula	10:25	Mixta	Fluorescente	Directa	158	76	79	500	NO	NO
20	RNNR													CUMPLE	CUMPLE

Tabla 45 Calculo niveles de iluminación en base a la recopilación de información