



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN-MANAGUA

**Facultad Regional Multidisciplinaria, FAREM-Estelí**  
**Implementación de auditoría energética en FAREM-Estelí en el  
segundo semestre 2020**

Trabajo monográfico para optar

al grado de

**Ingeniero en la Carrera de Energías  
Renovables**

**Autoras**

Gaudy Yanibeth Dormus Ortuño

Hamy Emma Thimpson Hernández

**Tutora**

MsC. Silvia Elena Arróliga

Estelí, febrero 2021



## **Dedicatoria**

La presente Investigación es dedicada primeramente a Dios por concedernos la sabiduría necesaria para llevar a cabo nuestra labor, también es dedicada a nuestros padres y abuelos que nos han forjado con gran amor y carácter para lograr culminar nuestros anhelos.

A nuestra Amiga y compañera, Vilma Teresa Centeno, que, a pesar que no se nos brindó la oportunidad de concluir esta etapa juntas, siempre la llevamos presente. ¡Te Queremos Vilma!

A nuestros maestros por brindarnos su tiempo, dedicación y confianza motivándonos para la culminación y elaboración de este trabajo al compartir con nosotros sus conocimientos durante este periodo de investigación.

A todas aquellas personas que, de una forma u otra, colaboraron o participaron en la realización de esta investigación.

## Agradecimiento

En la vida enfrentamos obstáculos que nos fortalecen y nos ayuda a ser mejor personas, cada día conocemos personas que nos cambian el rumbo de nuestras vidas y de cierta manera influyen en nuestros actos unas nos hacen caer y otras nos levantan nos brindan la mano para poder llegar a la meta que tanto anhelamos. La meta que todo universitario tiene es obtener un título y hoy estamos a solo un paso de lograr ser Ingeniero/a en Energías renovables.

Primeramente, damos gracias a Dios, por estar con nosotras en cada paso que damos, por fortalecer nuestros corazones e iluminar nuestras mentes por, por habernos dado fuerza y valor para culminar esta etapa en nuestras vidas, por su bondad y misericordia, durante este proceso de formación.

- Familia

Br. Gaudy Y. Dormus Ortuño.

Agradezco infinitamente a mis padres, Marlon Dormus y Yamileth Ortuño, por el apoyo incondicional que me han brindado siempre por hacer de mi quien soy hoy en día. Mis logros son de ustedes y para ustedes. Agradezco a una persona especial J.F.S.H por brindarme la fortaleza necesaria para seguir adelante a pesar de los obstáculos.

Br. Hamy Emma Thimpson Hernández

Agradezco a los pilares de mi familia por no dejarme sola en este largo y difícil camino, mi mama Emma Hernández y mis hermanas Isayana y Ariana Hernández, igualmente a mi hermano Edwin Hernández por animarme siempre, de igual manera doy infinitas gracias a Silvia Moncada por acogerme en su casa y convertirse en mi segunda mama desde que llegue a Estelí.

- Maestros

Un agradecimiento especial para MsC. Silvia Elena Arróliga, tutora de nuestra tesis, por la colaboración, paciencia, apoyo y por facilitar sus conocimientos y sabiduría durante todo el proceso de conducción de este trabajo investigativo. Gracias a todas aquellas personas que de una han contribuido a que pudiera lograr esta meta gracias a todos.

## **Carta aval del tutor**

## Resumen

La presente investigación es desarrollada en la FAREM-Estelí, durante el periodo 2020-2021, con el fin de implementar una auditoria energética en la Facultad. Para el desarrollo de la investigación se determinaron los parámetros a evaluar en la auditoria energética, tales como sistema de climatización, iluminación y consumo de energía en equipos, y se evaluaron los factores que provocan el aumento en el consumo energético mensualmente. De la misma manera se proponen medidas para mejorar la eficiencia, y se realizó la viabilidad técnica, económica y ambiental de las mismas. El análisis de los datos se realizó mediante la hoja de cálculo Microsoft Excel. El diseño metodológico que caracteriza esta investigación es cuantitativo, tomando en cuenta el uso de los instrumentos de recolección de la información de análisis y vinculación de datos. El trabajo de campo realizado y la colaboración del personal permitieron concretar los objetivos propuestos. Como parte de los resultados obtenidos se identificó que el pabellón No.1 consume (6546.83 kWh/mes) y el pabellón No.2 (5964.67 kWh/mes) están son las áreas que presentan mayor consumo de energía en equipos y el auditorio Román Esteban Toledo (514.11kWh/ mes) en luminarias. Se realizó el dimensionado de luminarias en todas las áreas de la Facultad y se realizó evaluación técnica, económica y medioambiental de las propuestas sugeridas. A la vez, se propone la implementación de energía fotovoltaica para el sistema de iluminación de dicho auditorio.

Palabras claves: auditoría energética, eficiencia energética, diagnostico energético

## **Abstract**

This research was developed at FAREM-Estelí, during the 2020-2021 period, in order to implement an energy audit at the faculty. For the development of this, the parameters for carrying out an energy audit were determined, among them, lifting the power of the equipment through a load census, analysis of each of the data through tables in Excel and evaluation of the factors that cause the increase in energy consumption on a monthly basis. The methodological design that characterizes this research is quantitative, taking into account the use of data collection instruments for analysis information and data linking. The procedure of the data, the information collected and the collaboration of the staff allowed to specify the proposed objectives, managing to obtain the analysis of the data, through the corresponding measurements, which allowed to detect energy efficiency problems in luminaires and equipment. Likewise, it was possible to demonstrate through the data obtained that the areas that present the highest consumption in the faculty are pavilion 1 (6546.83 kWh/mess), pavilion 2 (5964.67 kWh/mess), and the Román Esteban Toledo auditorium (514.11kWh/ mess) being the one that consumes the most energy in lighting. After this research, it is possible to propose the use of renewable sources, in this case, photovoltaic energy for auditorium lights, which currently consumes 514.11kWh / month and by means of this way to significantly reduce the current consumption of lights in a satisfactory way.

Keywords: energy audit, energy efficiency, energy diagnosis

## **Lista de siglas y acrónimos**

BTU: Unidad térmica británica

CEPAL: Comisión económica para América Latina y el caribe

COEE: Coeficiente de eficiencia energética

CIER: Centro de investigación de energía renovable

EE: Eficiencia energética

FAREM-Estelí: Facultad Regional Multidisciplinaria Estelí

FONDEFEER: Fondo de eficiencia energética

GEI: Gases de efecto invernadero

IE: Intensidad energética

IES: Sociedad de iluminación energética

ISO: Organización internacional de normalización

INE: Instituto Nicaragüense de Energía

KW/h: Kilowatt hora

Lux: Unidad de iluminancia

MV: Megavatios

MEM: Ministerio de Energía y Minas

PIB: Producto Interno Bruto

PRONAE: Programa Nacional de Eficiencia Energética

SICA: Sistema de Integración Centroamericana

TIR: Tasa Interna de Retorno

UNAN-Managua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua

V: Vatios

VAN: Valor Actual Neto

WATT: Medida de potencia eléctrica

## Contenido

Capítulo 1 .....	12
1.1. Introducción .....	12
1.2. Planteamiento del problema .....	13
1.2.1. Caracterización del problema .....	13
1.2.2. Delimitación del problema .....	13
1.2.3. Formulación del problema .....	14
1.2.4. Sistematización del problema .....	14
1.3. Justificación .....	15
1.4. Objetivos .....	17
1.4.1. Objetivo general .....	17
1.4.2. Objetivos Específicos .....	17
Capitulo II .....	18
2.1. Antecedentes .....	18
2.2. Marco teórico .....	20
2.2.1. Eficiencia energética .....	20
2.2.2. Auditorías energéticas .....	21
2.2.3. Pasos de una auditoria energética .....	21
2.2.5. Energía .....	24
2.2.6. Iluminación .....	24
2.2.7. Iluminación recomendada .....	25
2.2.8. Medición de niveles de iluminación .....	26
2.2.9. Luminosidad y su equilibrio .....	26
2.2.10. Deslumbramiento .....	26
2.2.11. Confort térmico .....	26
2.2.12. Climatización .....	27
2.2.13. Plan de acción de mejoras .....	27
2.2.14. Energías renovables .....	27
2.2.15. Huella de carbono .....	28
2.2.16. Intensidad energética .....	29
2.2.17. Situación actual del sistema eléctrico en Nicaragua .....	29

2.3. Hipótesis.....	32
Capitulo III .....	33
3.1. Diseño metodológico .....	33
3.1.1. Tipo de estudio.....	33
3.2. Área de estudio .....	34
3.2.1. Ubicación geográfica .....	34
3.2.2. Área de conocimiento .....	34
3.3. Universo y muestra .....	34
3.4. Matriz de Operacionalización de variables (MOVI).....	35
3.5. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	37
3.7. Análisis y tabulación de datos .....	38
Capitulo IV .....	39
4.1. Análisis y discusión de resultado.....	39
5.1. Conclusiones.....	46
5.2. Recomendaciones .....	48
5.3. Bibliografía .....	51

## Índice de tablas

<i>Tabla No. 1. Iluminación mínima para locales educacionales y asistenciales .....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla No. 2. Iluminación mínima para locales comerciales e industriales.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla No. 3. Factores de conversión para transformar las unidades de masa a volumen.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla No. 4. Para calcular emisiones .....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla No.5. Matriz de Operacionalización de variables (MOVI) .....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla No.6. Cantidad de lux .....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla No.1.1 Anexo. Equipos en Pabellón No.1 .....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla No.1.2. Anexo Equipos en pabellón No.3 .....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla No.1.3. Anexo Equipos en pabellón No.4 .....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla No.1.4. Anexo Equipos en pabellón No.5 .....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla No.1.5. Anexo Equipos en Auditorio Román Esteban Toledo .....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla No.1.6. Anexo Equipos en biblioteca Urania Zelaya.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla No.1.7. Anexo Equipos en biblioteca Urania Zelaya.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 2.1 Anexo Iluminación pasillo No.1 .....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla No.2.2 Anexo. Iluminación en pabellón No.2 .....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla No.2.3. Anexo Iluminación en pabellón No.3 .....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla No.2.4. Anexo Iluminación en pabellón No.4 .....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla No.2.5. Anexo Iluminación en pabellón No.5 .....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla No.2.6. Anexo Iluminación en biblioteca Urania Zelaya.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla No.2.7. Anexo Iluminación en Auditorio Román Esteban Toledo.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla No.2.8. Anexo Iluminación en área de deporte .....</i>	<i>62</i>

## Índice de anexos

5.4. Anexo.....	53
<i>Anexo NO.1. En las siguientes tablas se mostrarán específicamente los datos obtenidos de consumo por cada área de la Facultad correspondiente a equipos.....</i>	<i>53</i>
<i>AnexoNo.4. Tabla de consumo total en iluminación de FAREM- Estelí.....</i>	<i>63</i>
<i>Anexo No.5. Tabla de consumo de equipos de FAREM- Estelí .....</i>	<i>63</i>
<i>Anexo No.6. Cálculos de iluminación por área .....</i>	<i>64</i>
<i>Anexo No.8. Dimensionado para un sistema fotovoltaico .....</i>	<i>72</i>
<i>Anexo No.9. Evaluación económica . .....</i>	<i>74</i>
<i>Anexo No.10. Cálculo de emisiones de CO2 .....</i>	<i>77</i>
<i>Anexo No.14. Fotografía de Aulas de clase con lámparas en mal estado.....</i>	<i>80</i>
<i>Anexo No.15. Fotografía de Aulas de clase con lámparas en mal estado .....</i>	<i>80</i>
<i>Anexo No.16. Fotografía pabellón No.1. Y No.2. Con mayor consumo en equipos .....</i>	<i>81</i>
<i>Anexo No.17. Fotografía del auditorio Román Esteban Toledo con mayor consumo en luminarias</i>	<i>81</i>

# Capítulo 1

## 1.1. Introducción

La eficiencia energética es un aspecto esencial para un crecimiento sostenible y es una de las formas más rentables para reforzar la seguridad del sistema eléctrico en las instituciones. Existen muchas oportunidades de eficiencia energética en estos sectores que se pueden llevar a cabo mediante la realización de prácticas y/o mejoras que ayudarán a reducir el consumo energético.

Una de las herramientas más eficaces para controlar el consumo de energía son las auditorías energéticas; las que nos permiten analizar, medir y evaluar los principales equipos, sistemas y procesos consumidores de energía; a partir de los cuales existen posibilidades de sugerir mejoras para el ahorro y la modernización de las instalaciones. Las auditorías energéticas deben cubrir al menos el 85% del consumo total de energía del conjunto de las instalaciones y se deben realizar al menos cada cuatro años por auditores energéticos externos o por personal interno cualificado.

En el presente estudio se desarrolló una auditoría energética en la FAREM-Estelí/UNAN-Managua, la que permitió diagnosticar el estado actual del consumo de energía de las instalaciones, realizar evaluaciones para detectar las áreas con mayor consumo y proponer mejoras encaminadas a la eficiencia energética. Todo lo anterior encaminado a promover el uso eficiente y racional de la energía, para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, ya que actualmente el uso de energía eléctrica representa 2/3 de los factores que influyen directamente en el cambio climático. Sin perder de vista las oportunidades de seguir un patrón sustentable como alternativas las energías renovables que aporte al desarrollo sostenible de la región en particular y en el país en general.

## **1.2. Planteamiento del problema**

### **1.2.1. Caracterización del problema**

En el planeta el uso de combustibles fósiles ha creado una prioridad para el crecimiento económico e industrial, no obstante, los combustibles fósiles se han convertido en un dilema en la sociedad. La combustión del carbón, petróleo y gas natural son unos de los factores que inciden en la emisión de GEI a la atmósfera durante la combustión que degradan el entorno, hasta alterar el clima y amenazar la habitabilidad futura del planeta.

La mayoría de los países de América Latina generan energía con materia fósil, lo que implica un aumento importante en términos económicos y medioambientales. Sin embargo, muchas empresas no tienen la disponibilidad u oportunidad de realizar estudios detallados de su situación energética, o de invertir en tecnología limpia debido a los costos que conlleva. Lo anterior no permite detectar opciones de ahorro y medidas de aprovechamiento eficiente de la energía.

En Centroamérica no es común la implementación de auditorías energéticas en industrias e instituciones a pesar que a nivel mundial hay una normativa que lo rige. La falta de conocimiento sobre el buen uso de la energía eléctrica provoca el aumento del consumo energético, el mal uso de los equipos eléctricos, derroche de energía por factores de climatización e iluminación, confort de usuarios, entre otros.

### **1.2.2. Delimitación del problema**

En Nicaragua, el estado a través MEM promueve acciones que promueven la aplicación de medidas para el uso racional y eficiente de la energía. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos permanentes, todavía existen deficiencias en distintos niveles para lograr las metas propuestas.

### **1.2.3. Formulación del problema**

La problemática principal radica en que en la universidad no se han realizado estudios actualmente que determinen factores que inciden en el consumo energético desde el ámbito laboral y estudiantil, y no se contempla un plan permanente que conlleve a la eficiencia energética, enfocado en el buen uso de los equipos eléctricos, en sistemas de iluminación y climatización.

### **1.2.4. Sistematización del problema**

Tomando en cuenta lo anterior, surge la pregunta principal de cómo dar solución a la problemática planteada: ¿Cómo realizar una auditoria energética en FAREM-Estelí?

En este sentido se plantean las interrogantes de sistematización:

1. ¿Cuál es el estado actual del consumo de energía en la Facultad?
2. ¿Cuáles son los factores que inciden en el consumo?
3. ¿Cuáles son las mejoras que se pueden proponer?
4. ¿Cuál es la viabilidad técnica, económica y ambiental de las medidas propuestas?

### **1.3. Justificación**

A nivel mundial el consumo energético crece con las actividades económicas, especialmente en los países más industrializados. Dentro de este marco manifiesta que uno de los indicadores de la eficiencia es la IE, que mide el consumo por unidad de Dólar del PIB. Mientras que, en las naciones menos desarrolladas, la demanda eléctrica se prevé con mayor dinamismo por el déficit de cobertura, sobre todo para los grupos más empobrecidos que tradicionalmente emplean leña como combustible.

Mientras que en América latina la matriz energética está compuesta principalmente por hidrocarburos, la mayor aportación la hace el gas natural (34 %); seguido por el petróleo (31%). En cuanto al sector de energía producida por fuentes no fósiles, la hidroenergía aporta el 8%, la energía solar 6%; y la geotermia y la energía nuclear, 1% cada una. El 19% restante corresponde a diversas fuentes de energía como carbón vegetal, bagazo o leña.

América central es una de las regiones donde se presenta un déficit de cobertura en su población. En 2016 la capacidad instalada en los ocho países que integran SICA alcanzó los 20.237 MV, un crecimiento del 6.9% respecto al 2015. El 54.4% de esta capacidad corresponde a plantas que utilizan fuentes renovables. El reporte del CEPAL, hace notar que los países aumentaron el crecimiento de la producción neta de electricidad con respecto a años anteriores.

De acuerdo a (Cepal, 2015) en el país el consumo energético ha ido en incremento en los últimos años, en primer lugar, según el índice de cobertura se ha incrementado desde un 73% desde el año 2012 la generación. En referencia al consumo de electricidad la curva de demanda de carga para la ciudad de Managua, las actividades del sector industrial e institucional son el sector con mayor demanda de electricidad.

Por lo tanto, la idea de poder trabajar en un recinto universitario responde a la necesidad de diagnosticar el consumo de energía de la institución, dado que el personal de trabajo es muy amplio y se requiere de recomendar acciones que permitan un uso más eficiente de la energía, brindando un valor teórico con información útil para futuros estudios de los estudiantes y para aplicaciones técnicas de la Facultad, un valor práctico con un plan de mejoras para ser ejecutado por los usuarios y un valor ambiental con la implementación de energías renovables disminuyendo emisiones de GEI a la atmósfera.

De la misma forma, al hacer conciencia sobre la necesidad de disminuir el consumo de energía, y contribuir a la reducción de emisión de GEI. De igual forma aportar de una manera económica y social con la creación de un plan de mejora en las instalaciones, tomando en cuenta acciones y tecnologías renovables que ayuden al uso eficiente de la energía.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

- Implementar una auditoria energética que contribuya al aprovechamiento óptimo de energía eléctrica en la FAREM-Estelí.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Describir la situación actual del consumo energético en FAREM-Estelí
- Determinar los factores que inciden en el consumo energético de FAREM-Estelí.
- Proponer medidas que contribuyan al ahorro energético de FAREM-Estelí.
- Evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental de las mejoras propuestas.

## Capítulo II

### 2.1. Antecedentes

La investigación realizada por (Torija & Gallego, 2017 ) en la Universidad Politécnica de Madrid, tuvo como objetivo ofrecer herramientas para mejorar el ahorro, la eficiencia energética en los edificios y recobrar el bienestar en los usuarios. La auditoría energética operativa se desarrolló como una herramienta para facilitar el acceso de los centros docentes a la realización de las auditorías energéticas y abaratar sus costes frente a las auditorías energéticas que se están realizando en la actualidad. Como resultado del estudio se formuló una metodología de auditoría de eficiencia energética para implementarse en universidades.

En su estudio (Den & Jan, 2014), introducen medidas de eficiencia energética en los edificios públicos nuevos y existentes, por medio de la reducción de barreras técnicas, políticas y de información, partiendo de cuatro componentes: desarrollo de políticas y normativas relativas, fortalecimiento a las capacidades técnicas para la integración de medidas de eficiencia energética en los edificios públicos, diseño e implementación de un programa piloto de eficiencia energética dentro de los edificios públicos, monitoreo y evaluación del Proyecto.

Por su parte (Jimenez & Osmin, 2013), desarrolló una propuesta de ahorro y mejora de la eficiencia energética en edificios del campus central de la Universidad de El Salvador. Como resultado formularon la metodología de auditoría energética para edificios del campus universitario. También, diseñaron una guía de implementación de un COEE, para ayudar a otras Facultades a formular sus propios Comités.

En el trabajo realizado por (Olivas Lira , Santamaria Aguilar, & Dimas Ruiz, 2018), consistió en la implementación de una auditoría energética en un mini hotel. Conforme a los estudios obtuvieron que el estado general del sistema eléctrico no estaba en condiciones dentro de las normativas de funcionamiento y seguridad. De igual manera en las encuestas que los informantes realizaron a los colaboradores del mini hotel reflejaron que tienen un buen grado de cultura energética. Entre las medidas sugeridas plantearon el remplazo de luminarias por

unas con mayor eficiencia y otras a largo plazo como el diseño de un sistema fotovoltaico, para contribuir a la reducción de CO<sub>2</sub>.

El estudio realizado por (Martinez Rodriguez , 2017), desarrollo un proceso de investigación para definir los factores que intervienen en el excesivo consumo energético de la empresa DISNORTE-Estelí. Se realizó un diagnóstico del funcionamiento de la red eléctrica y los equipos instalados, empleando métodos que ayudaron a la recolección de datos, comparación de consumos energéticos históricos, y el levantamiento del censo de carga. Como resultado plantearon mejoras a mediano plazo como la sustitución lámparas fluorescentes a lámparas led y también el cambio de equipos obsoletos para el uso eficiente de energía eléctrica.

Según estudio realizado por (Peralta Calderon , Gutierrez Camas , & Chavarria Lorio , 2016) desarrollaron un proceso para determinar la carga eléctrica y analizar los datos de carga de los equipos del supermercado la Colonia en la ciudad de Estelí. Para ello evaluaron las instalaciones obteniendo como resultado el buen estado energético del edificio, ya que fue construido con parámetros de eficiencia energética y para el cual recomendaron la implementación de un sistema de autogeneración para complementar el uso de energías renovables.

## **2.2. Marco teórico**

En este apartado se presentan fundamentos teóricos para facilitar el entendimiento del presente estudio.

### **2.2.1. Eficiencia energética**

La Eficiencia Energética se puede definir como la reducción del consumo de energía manteniendo los mismos servicios energéticos, sin disminuir nuestro confort y calidad de vida, protegiendo el medio ambiente, asegurando el abastecimiento y fomentando un comportamiento sostenible en su uso (Jimenez & Osmin, 2013).

Según (Sanchez Torrija, 2017) la eficiencia energética se constituye como una prioridad por su contribución al afrontar los retos de la seguridad energética, el cambio climático y la mejora de la competitividad de la economía a nivel nacional, por ello, detalla los beneficios que conlleva la práctica de la eficiencia energética los cuales son:

- Aumenta la eficiencia productiva de las empresas.
- Promueve el desarrollo económico con la generación de empleo y uso de tecnologías eficientes para empresas en los distintos sectores de producción.
- Reduce costos en el consumo energético, lo cual garantiza la utilización de esos remanentes en mejoras o incentivos salariales.
- Promueve el desarrollo industrial al mejorar su competitividad. La utilización de nuevos sistemas de generación de energía sostenible y equipos eficientes para sectores industriales pueden mejorar la productividad y la economía de empresas que practican la eficiencia energética.
- Reduce impactos negativos ambientales al mitigar las emisiones de GEI, mejorando la calidad de aire.
- Mediante el uso de energía renovables y el fomento de la eficiencia energética, se reduce dependencia de combustible fósil para los diferentes sectores de desarrollo económico y tecnológico.

En general, el concepto de eficiencia energética tiene como el objetivo buscar la optimización de los recursos energéticos disponibles para minimizar el consumo de energía y los costos que conlleva en viviendas, empresas, instituciones, industrias o cualquier organización, asegurando condiciones de confort, calidad laboral, calidad de vida, etc.

### **2.2.2. Auditorías energéticas**

(Legarreta , 2012) define como auditoría energética para un edificio como un proceso industrial, un estudio de disminución de costes energéticos, económicos y medioambientales. El término abarca un espectro muy amplio, en función de la profundidad con que se realice el estudio, iniciando desde un simple informe de propuestas de mejoras para equipos auxiliares del proceso principal, hasta un estudio detallado de mejoras; así mismo señala un proceso sistemático mediante el que:

- Se obtiene un conocimiento fiable del consumo energético del edificio y/o proceso industrial.
- Se detectan los factores que afectan al consumo de energía.
- Se identifican, evalúan y ordenan las distintas oportunidades de ahorro de energía, en función de su rentabilidad y emisiones de CO<sub>2</sub>. Permite conocer la utilización de la energía en relación con KW/año, costo, etc.

### **2.2.3. Pasos de una auditoria energética**

A continuación se presentan los pasos para realizar una auditoría energética, según (Reyes Martinez & Velasco Gomez , 2010):

- Como primera etapa se plantea la recolección de datos y planificación de la auditoría donde se reúne toda la información posible sobre el edificio, tanto de los aspectos constructivos como de los sistemas energéticos que posee. También en esta primera parte se realiza una planificación de las acciones a llevar a cabo durante la auditoria, empezando con la entrevista con los responsables del edificio y recolección de

información relacionada con el edificio. En esta etapa se realiza la planificación, inspección visual, simulación, cuestionario de los usuarios y el informe preliminar; obteniendo una visión bastante aproximada de las dimensiones del edificio.

- Como segunda etapa se realizan medidas experimentales que se hayan considerado convenientes en función de los resultados obtenidos en la fase anterior, así mismo, se realizan medidas del edificio y levantamiento de datos de los equipos para certificar o para seguir las recomendaciones de normas o reglamentos en vigencia.
- En la tercera etapa se diagnostica la situación del edificio. Se realizan los cálculos necesarios, con los valores obtenidos en la etapa anterior y la información obtenida en la primera etapa. Para obtener los valores finales se comprueba respecto a la normativa que concierne a esos parámetros. Por tanto, se deben tener en cuenta las normas antes de dar el diagnóstico.
- Para la cuarta etapa se analiza las mejoras para proporcionar una serie de medidas que solucionen los comportamientos inadecuados del edificio o de sus componentes. Se adiciona un estudio completo sobre su viabilidad económica y medioambiental en el supuesto caso de que se vea afectado. También se debe considerar el costo económico y un estudio de rentabilidad económica (VAN, TIR).
- La etapa final consiste en la realización y edición de un informe que contenga toda la información que se haya obtenido a lo largo de todo el estudio. Este informe constará, primero, de las condiciones generales de la auditoría energética, de una introducción teórica sobre el tema auditado acompañado de las diversas normativas relacionadas; posteriormente, se puede describir el estado actual del edificio y de sus componentes junto con fotografías tomadas del mismo para constatar su situación, luego se expone la situación del edificio documentada con todas las informaciones recogidas tanto en la fase de recolección de información, como la obtenida con las medidas experimentales y los cálculos realizados a partir de ellas.

- Como documento final se añade el decálogo de confidencialidad seguido en la auditoría y los diversos anexos considerados importantes para los auditores para explicar conceptos que no hayan quedado claros en el informe, como pueden ser definiciones. Una vez editado el informe se entregará a los responsables del edificio que formularán las dudas que le surjan, finalizando con ello la auditoría energética.

#### **2.2.4. Instrumentos utilizados para realizar una auditoria energética**

- **Vatímetro.** Mide los valores eficaces de tensión y corriente de circuitos monofásicos o trifásicos. Conocido el rendimiento de un motor, se calcula la potencia mecánica del eje del mismo, es decir la potencia absorbida por la maquina movida y por el dispositivo de transmisión. (Reyes Martinez & Velasco Gomez , 2010).
- **Termómetro.** Es un dispositivo capaz de medir la temperatura ya sea del ambiente o de diferentes objetos o materias que lo requieran, a través de diferentes mecanismos o escalas. El más común de estos mecanismos fue la dilatación, propiedad de ciertos materiales de expandirse de cara a la presencia de calor, común entre los y otras sustancias como los alcoholes. (Fernandez Salgado , 2011).
- **Cinta métrica** es el principal instrumento de medición que consiste en una cinta graduada y se puede enrollar, haciendo que el transporte sea más fácil. También es útil para medir líneas y superficies curvas muy útiles para la construcción, son fabricadas de diferentes longitudes y materiales.
- **Hoja de levantamiento de datos.** Es una forma de recolección de datos el cual puede ser ejecutado de forma física o virtual en el que se almacenan datos de equipos, área de las oficinas, cantidad de iluminación entre otras, necesarias para la implementación de procesos futuros representando la realidad de la manera más exacta posible.

### **2.2.5. Energía**

(Jimenez & Osmin, 2013), afirma que el término “energía” no involucra solamente el uso de la electricidad, sino también debe de considerarse los equipos que trabajan a base de combustibles fósiles; el uso de estos combustibles es primordial en algunas áreas, pero la utilización de estos no solo genera consumo en términos monetarios, sino también con la creación de dependencia energética y además contribuye contaminando el medio ambiente.

La disminución de la intensidad energética mediante un cambio de actividades que requieren insumos de energía puede realizarse con métodos de ahorros de energía adoptando medidas técnicas, organizativas, institucionales y estructurales, o modificando el comportamiento (Reyes Aguilera , 2017)

### **2.2.6. Iluminación**

De acuerdo a (Reyes Martinez & Velasco Gomez , 2010) la iluminación representa un peso muy importante en el consumo energético, según los sistemas actualmente instalados ofrecen una gran posibilidad de mejora, puesto que se pueden lograr ahorros significativos. La distribución de luz puede tener dos funciones diferenciadas, una funcional donde lo importante es dirigir la luz de forma eficiente, y otra decorativa para crear un determinado ambiente y resaltar ciertos elementos. Una iluminación adecuada y eficiente conseguirá un compromiso entre ambas funciones.

(Serrano , 2015) Expresa que la cantidad de luz es expresada básicamente por tres tipos de unidades: vatios, lúmenes y lux. El vatio es la unidad de medida de la potencia eléctrica y define la tasa de consumo de energía de un dispositivo eléctrico en funcionamiento. La cantidad de vatios consumidos representa la entrada eléctrica al elemento de iluminación. El número de lux dice acerca de que cantidad de luz llega al área de trabajo. Los lux son el resultado final de los vatios, que se convierten a lúmenes.

### 2.2.7. Iluminación recomendada

(Rosa I Casals, y otros, 2009), describe que la IES es la mayor organización de profesionales en iluminación de EEUU desde 1915 y orienta acerca de los niveles de iluminación requeridos para varios grupos de tareas visuales, aunque es de destacar que la cantidad adecuada de luz para un determinado espacio puede ser subjetiva. Los niveles mínimos de iluminación en los distintos trabajos visuales son establecidos en las siguientes tablas:

*Tabla No. 1. Iluminación mínima para locales educacionales y asistenciales*

Tipo de Recinto	Iluminancia [Lux]
Atención administrativa	300
Bibliotecas	400
Cocinas	300
Gimnasios	200
Oficinas	400
Pasillos	100
Policlínicos	300
Salas de cirugía menor	500
Salas de cirugía mayor, quirófanos (*)	500
Salas de clases, párvulos	150
Salas de clases, educación básica	200
Salas de clases, educación media	250
Salas de clases, educación superior	300
Salas de Dibujo	600
Salas de Espera	150
Salas de Pacientes	100
Salas de Profesores	400

*Fuente: (Alvarez Bayona, 2015)*

*Tabla No. 2. Iluminación mínima para locales comerciales e industriales*

Tipo de Local	Iluminancia [Lux]
Auditorios	300
Bancos	500
Bodegas	150
Bibliotecas públicas	400
Casinos, Restoranes, Cocina	300
Comedores	150
Fábricas en general	300
Imprentas	500
Laboratorios	500
Laboratorios de instrumentación	700
Naves de máquinas herramientas	300
Oficinas en general	400
Pasillos	50
Salas de trabajo con iluminación suplementaria en cada punto	150
Salas de dibujo profesional	500
Salas de tableros eléctricos	300
Subestaciones	300
Salas de venta	300
Talleres de servicio, reparaciones	200
Vestuarios industriales	100

*Fuente: (Alvarez Bayona, 2015)*

### **2.2.8. Medición de niveles de iluminación**

Según (Alvarez Bayona, 2015), para medir el nivel de iluminación se emplea un equipo denominado luxómetro. Este equipo dispone de una célula fotoeléctrica con capa barrera basada en el efecto foto eléctrico, es decir: cuando incide sobre la célula un haz de luz, los electrones son capaces de emitir una señal eléctrica. Esta señal es proporcional al nivel de iluminación.

### **2.2.9. Luminosidad y su equilibrio**

Según (Alvarez Bayona, 2015) la luminancia de adaptación del ojo está determinada por la luminancia existente en el campo visual. Las percepciones del contraste, del color y, en general, el rendimiento visual, aumentan con la luminancia de adaptación. Ahora bien, para que el rendimiento visual sea efectivo en la ejecución de una tarea es necesario que la esta no sea muy diferente a la luminancia de la tarea.

### **2.2.10. Deslumbramiento**

El deslumbramiento se presenta como la sensación cuando en el campo de la visión existen objetos iluminados o manantiales luminosos con grandes diferencias de brillo. Por ejemplo, en una sala completa a oscuras la luz directa de una lámpara de incandescencia de 50W produce deslumbramiento, mientras que, en una habitación bien iluminada, la luz de la misma lámpara no provoca este fenómeno (Rosa I Casals, y otros, 2009).

### **2.2.11. Confort térmico**

La calidad total del ambiente o confort total es el conjunto de factores que afectan a la calidad del ambiente térmico, del aire, del ambiente acústico y del ambiente luminoso, todos los factores ejercen una interacción entre si de una forma todavía no exactamente conocida; según la norma ISO 7730 el confort térmico se define como la sensación de satisfacción con el ambiente térmico, la sensación de bienestar de los ocupantes. (Reyes Martinez & Velasco Gomez , 2010).

### **2.2.12. Climatización**

Según (Diez, 2014) por climatización se entiende la creación de condiciones adecuadas de temperatura y humedad para la comodidad de las personas, también se define como dar a un espacio cerrado las condiciones de temperatura, humedad relativa, calidad del aire y, a veces, también de presión, necesarias para el bienestar de las personas y/o la conservación de las cosas.

### **2.2.13. Plan de acción de mejoras**

De acuerdo a (Rosa I Casals, y otros, 2009) el plan de acción tiene la finalidad de elaborar estrategias de eficiencia energética que reduzca las ineficiencias y los consumos innecesarios hasta donde sea posible, son proyectos técnicos concretados generalmente para resolver o mejorar las oportunidades de cada sector, por ejemplo, la sustitución de luminarias, mejora de los aislamientos, instalaciones eléctricas de alto rendimiento y sustitución de equipos.

Así mismo se incluye la implementación de energías renovables que es más eficiente, limpia y su impacto ambiental es mínimo, evitando la mayor parte de pérdidas de energía, por ello la más comúnmente usada es la solar tomando en cuenta la capacidad y evaluando el potencial del área tomando siempre en cuenta la viabilidad económica.

### **2.2.14. Energías renovables**

Según (Energías renovables , 2019) son aquellas que se obtienen a partir de fuentes naturales que producen energía de forma inagotable e indefinida. Por ejemplo, la energía solar, la energía eólica o la energía mareomotriz son fuentes renovables de energía. También se consideran renovables cuando se obtienen a partir de fuentes que se regeneran con el tiempo de manera natural, como la masa forestal.

En comparación con las fuentes convencionales de energía, se puede constatar que las energías renovables ayudan a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero,

contribuyendo a frenar el calentamiento global, reducen los costes de producción energética, permiten crear nuevos puestos de trabajo y reducen la dependencia hacia las grandes potencias energéticas y hacia los países con reservas de combustibles fósiles producen energía de manera indefinida, al obtenerse de fuentes de energía inagotables e ilimitadas. (Energías renovables , 2019).

### **2.2.15. Huella de carbono**

Según (Alvarez Bayona, 2015) La huella de carbono también se aplica para estimar el impacto en emisiones de GEI para actividades determinadas. Una de las metodologías para la cuantificación de emisiones de GEI es la norma ISO 14064, Esta norma fue desarrollada de acuerdo con el protocolo Greenhouse Gas Protocol, que menciona factores de emisiones.

#### **Factores de emisión**

– Las unidades varían según el tipo de combustible:

- Gas natural (m<sup>3</sup>)
- Gas butano (kg o número de bombonas)
- Gas propano (kg o número de bombonas)
- Gasoil (litros)
- Fuel (kg)
- GLP genérico (kg)
- Carbón (kg) nacional y de importación
- Coque de petróleo (kg)

Tabla No. 3. Factores de conversión para transformar las unidades de masa a volumen

COMBUSTIBLE	FACTOR DE CONVERSIÓN <sup>5</sup>
Gas natural (m <sup>3</sup> )	10,65 kWh/Nm <sup>3</sup> de gas natural <sup>6</sup>
Gas butano (kg)	12,44 kWh/kg de gas butano
Gas propano (kg)	12,83 kWh/kg de gas propano
Gasoil (litros)	11,78 kWh/kg de gasoil
Fuel (kg)	11,16 kWh/kg de fuel
GLP genérico (kg)	12,64 kWh/kg de GLP genérico
Carbón nacional (kg)	5,70 kWh/kg de carbón nacional
Carbón de importación (kg)	7,09 kWh/kg de carbón de importación
Coque de petróleo (kg)	9,03 kWh/kg de coque de petróleo

Fuente: (Alvarez Bayona, 2015)

Tabla No. 4. Para calcular emisiones

COMBUSTIBLE	FACTOR DE EMISIÓN <sup>7</sup>
Gas natural (m <sup>3</sup> )	2,15 kg CO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> de gas natural
Gas butano (kg)	2,96 kg CO <sub>2</sub> /kg de gas butano
Gas butano (número de bombonas)	37,06 kg CO <sub>2</sub> /bombona (considerando 1 bombona de 12,5 kg)
Gas propano (kg)	2,94 kg CO <sub>2</sub> /kg de gas propano
Gas propano (número de bombonas)	102,84 kg CO <sub>2</sub> /bombona (considerando 1 bombona de 35 kg)
Gasoil (litros)	2,79 kg CO <sub>2</sub> /l de gasoil <sup>8</sup>
Fuel (kg)	3,05 kg CO <sub>2</sub> /kg de fuel
GLP genérico (kg)	2,96 kg CO <sub>2</sub> /kg de GLP genérico
Carbón nacional (kg)	2,30 kg CO <sub>2</sub> /kg de carbón nacional
Carbón de importación (kg)	2,53 kg CO <sub>2</sub> /kg de carbón de importación
Coque de petróleo (kg)	3,19 kg CO <sub>2</sub> /kg de coque de petróleo

Fuente (Alvarez Bayona, 2015)

### 2.2.16. Intensidad energética

Según (Ventura, Carvalho, Rojas, & Torijano, 2017) Se define como intensidad energética a la relación entre la economía y la energía, que se entiende como el coeficiente entre la oferta interna bruta y el PIB por año; esta relación mide la aproximación, el grado de eficiencia con que la economía de un país utiliza la energía, o sea la cantidad de energía necesaria para cubrir todas las necesidades.

### 2.2.17. Situación actual del sistema eléctrico en Nicaragua

En Nicaragua el desarrollo del sector eléctrico inicia con la instalación de la planta eléctrica Central American Power en 1941, con una capacidad instalada de 2.2 MW. En la década de

los años cincuenta inicia el proceso de electrificación de la zona del Pacífico. Posteriormente entre 1980 y 1990 se crean diferentes instituciones estatales en dependencia de sus funciones, se genera una evolución del marco normativo, se promueven inversiones en la capacidad instalada nacional hasta la aplicación de las reformas estructurales de la década del año 2000. (minas, 2017)

Según el informe de (social, 2017) actualmente el de Potencia de Nicaragua incluye 1,338.36 MW instalados de generación, de los cuales 19.77 MW correspondieron a plantas ubicadas en regiones aisladas. En el SIN, como generación estacional proveniente de centrales de generación renovable, 321.38 MW (41.6% de cogeneración de ingenios azucareros, 58% de plantas eólicas y 0.43% solar). De los 997.2 MW restantes, 13% correspondían a plantas hidroeléctricas, 15% a geotérmicas y 72% a térmicas que funcionan con base en combustibles líquidos (Bunker y Diésel o Fuel), haciendo se notar que aún es alta la dependencia del sistema de derivados del petróleo.

La diversificación de la matriz energética en Nicaragua ha ayudado a manejar de manera exitosa los cambios y altibajos en la generación hidroeléctrica, actualmente la energía renovable en Nicaragua registra un importante incremento totalizando 80.6% impulsado por la biomasa de caña de azúcar que representó casi un 33.2% del total, la energía geotérmica aportó 24.6%; seguido por la eólica 22.5%; hidroeléctrica 0.26%; solar 0.5%. (Aviles, 2020)

En el país el MEM promueve la EE con programas piloto de auditorías energéticas implementados por medio de PRONAE en el sector industrial, comercio y servicios, así mismo en las instituciones gubernamentales; todo esto complementado con una campaña educativa. Con el objetivo de brindar buen funcionamiento de estos programas se creó un FONDEFEEER, brindando asistencia técnica, capacitación, divulgación, investigación y desarrollo de actividades relacionadas con el uso racional y eficiente de la energía, ejecutado bajo la dirección del MEM (minas, 2017).

La Norma ISO 50001 especifica los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la energía, con el propósito que permita contar con un enfoque sistemático para alcanzar una mejora continua en su desempeño energético, que incluye conceptos como la eficiencia energética, el uso y el consumo de la energía. A partir de los que se establecen actividades de medición, documentación e información del sistema

energético valorando las variables que influyen en el derroche de energía. (Carretero Peña & Garcia Sanches , 2011)

En Nicaragua la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía están a cargo del INE y se rigen mediante la ley 272 de industria eléctrica, contando con una reforma en la normativa de generación distribuida y sus agentes económicos en el año 2017. En el ámbito de la EE la ley 956 declara de interés nacional el uso racional y eficiente de la energía eléctrica como elemento indispensable para el desarrollo de la nación, también proclama creación de proyectos que colaboren a sectores empresariales e industriales con las buenas prácticas energéticas.

Así mismo la ley 956 constituye que los equipos y aparatos eléctricos que se comercialicen en el territorio nacional deben incluir de visible la información sobre consumo energético con el objetivo de comprobar que cumplan con los parámetros y requisitos establecidos en las normas técnicas nicaragüenses correspondiendo con las especificaciones de los equipos importados mediante las normas o reglamentos técnicos aprobados y en vigencia, de no contar con este requerimiento, las autoridades competentes aplicaran de multas y sanciones de conformidad con la legislación nacional.

### **2.3. Hipótesis**

La determinación de factores que influyen en el mayor consumo energético en la FAREM-Estelí, permitirá identificar medidas de mejoras en el ahorro y la eficiencia energética institucional.

## **Capítulo III**

### **3.1. Diseño metodológico**

#### **3.1.1. Tipo de estudio**

De acuerdo al paradigma epistemológico de la investigación el presente estudio se sustenta en el paradigma positivista ya que se manipulan de forma intencionada variables independientes y se verifican hipótesis a través de métodos descriptivos e inferenciales.

Según el enfoque filosófico de la investigación si es cuantitativo, ya que su medio principal es la medición y el cálculo. Y en general buscan medir variables con referencia a magnitudes.

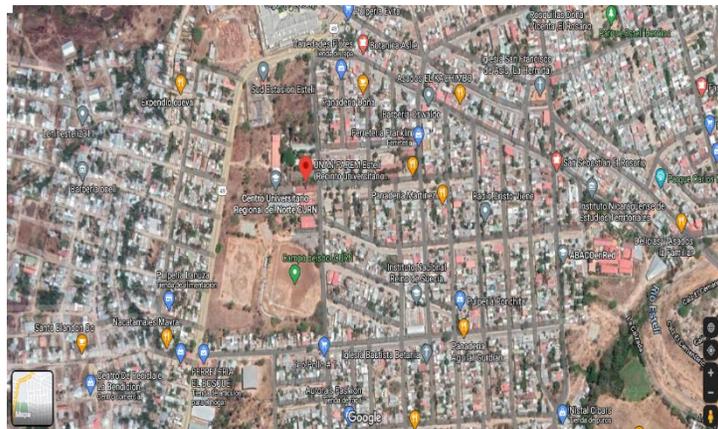
De acuerdo al método de investigación el estudio es observacional y según el nivel de profundidad del conocimiento es descriptivo ya que describen los hechos como son observados. El investigador se limita a medir la presencia, las características o la distribución de un fenómeno en una población en un momento acorde al tiempo, están dirigidos a determinar “cómo es” o “cómo está” la situación de las variables que se estudian en una población.

De acuerdo a su clasificación es correlacional, es decir, estudia la correlación entre dos o más variables. De acuerdo al tiempo y ocurrencia de los hechos y registro de la información el estudio es prospectivo debido a que se registran la información según van ocurriendo los fenómenos. Por el periodo y secuencia del estudio la investigación es transversal por lo que se realizó en un tiempo corto (Ferrer, 2010).

## 3.2. Área de estudio

### 3.2.1. Ubicación geográfica

El estudio se lleva a cabo en la Facultad Regional Multidisciplinaria FAREM-Estelí, ubicada en la parte Noroeste de la ciudad de Estelí.



*Figura No. 1. Ubicación geográfica de FAREM-Estelí  
Fuente: (Google Maps, 2020)*

### 3.2.2. Área de conocimiento

La presente investigación se ubica en la línea N°1. Tecnologías y eficiencia energética renovables, perteneciente al Centro de Investigación de Energías Renovables (CIER) de la UNAN-Managua, FAREM –Estelí.

## 3.3. Universo y muestra

El universo de este estudio corresponde las 9 Facultades pertenecientes a la UNAN-Managua. Se tomó como muestra la FAREM-Estelí, en su recinto universitario Leonel Rugama Rugama.

### 3.4. Matriz de Operacionalización de variables (MOVI)

Objetivo General: Implementar una auditoria energética que contribuya al aprovechamiento óptimo de energía eléctrica en la FAREM-Estelí.

*Tabla No.5. Matriz de Operacionalización de variables (MOVI)*

<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Variable Conceptual</b>	<b>Subvariables , o Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala de medición</b>	<b>Técnicas de Recolección de Datos e Información</b>
Objetivo específico 1  Describir el estado actual del consumo de energía en la FAREM-Estelí	Recolección de datos técnicos de luminarias, equipos y aire acondicionado	Horas/día  Potencia de equipos (W)  Potencia de luminarias (W)  Potencia de aires acondicionados (W)  Cantidad de usuarios  Área (m <sup>2</sup> )	Horas de uso de equipos, luminarias y aires acondicionado  Potencia de equipos  Potencia de luminarias  Potencia de aires acondicionados  Cantidad de usuarios por oficina/aulas de clase  Superficie de cada oficina/sección	Numérica  Numérica  Numérica  Numérica  Numérica	Preguntas a los usuarios  Censo de carga  Censo de carga  Censo de carga  Preguntas a los usuarios  Mediciones

<p>Objetivo específico 2</p> <p>Determinar los factores que inciden en el consumo energético de FAREM-Estelí.</p>	<p>Características físicas y técnicas de los equipos, luminarias y aire acondicionado s</p>	<p>Características técnicas</p>	<p>Consumo eléctrico de los equipos, luminarias y aire acondicionado</p> <p>Funcionamiento óptimo y condiciones de los equipos</p> <p>Cantidad de equipos en mal estado</p> <p>Cantidad de luminarias en mal estado</p>	<p>Numérica</p> <p>Ordinal</p> <p>Numérica</p> <p>Numérica</p>	<p>Mediciones de potencia</p> <p>Observación, preguntas a usuarios</p> <p>Censo de carga</p> <p>Censo de carga</p>
<p>Objetivo específico 3</p> <p>Proponer un plan de mejoras para la eficiencia energética de los edificios universitarios.</p>	<p>Proporcionar soluciones inmediatas para reducir el consumo energético</p>	<p>Iluminación</p> <p>Climatización</p>	<p>Dimensionado de luminarias</p> <p>Dimensionado de aire acondicionado</p>	<p>Numérica</p> <p>Numérica</p>	<p>Cálculo</p> <p>Cálculo</p>

Objetivo específico 4	Realizar cálculos que permitan evaluar la viabilidad técnica, económica y medioambiental	Viabilidad técnica  Viabilidad económica  Viabilidad ambiental	Dimensionado SSF en el área de mayor consumo respecto a luminarias  Cálculos financieros TIR-VAN  Emisión de gases CO2	Numérica  Numérica  Numérica	Cálculo  Cálculo  Cálculo
-----------------------	--	--	--	--	---------------------------------------

### 3.5. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para describir el estado actual del consumo de energía en la FAREM-Estelí, se reunió información energética sobre los edificios. Se realizó inspección visual para obtener una visión bastante aproximada de las dimensiones del edificio. A continuación, se llevaron a cabo medidas de las distintas áreas de las instalaciones utilizando instrumentos de medición tales como vatímetro, luxómetro, cintra métrica, entre otros; además se levantaron aspectos técnicos de los equipos que consumen energía, sistemas de iluminación y climatización. También se realizaron preguntas a los usuarios de las áreas para conocer más de cerca el funcionamiento de las mismas, horas de uso de equipos y algún otro dato que pudiese surgir de la entrevista informal.

Para determinar los factores que inciden en el consumo energético, se detectaron equipos obsoletos que consumen mayor cantidad de energía, como aires acondicionados ubicados en distintas áreas, luminarias en mal estado o con placas de protección sucias, así como otros factores de derroche energético.

Para proponer un plan de mejoras para la eficiencia energética de los edificios universitarios, se aplicaron diferentes métodos de cálculo tanto para dimensionamiento de sistemas de

iluminación, de climatización y el dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico como alternativa para la disminución del costo de la factura energética.

Para evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental de las mejoras propuestas se realizaron cálculos con indicadores económicos de inversión como el Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno (TIR) y período de recuperación (PAY-BACK). A la vez, se calculó la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> con la implementación de las medidas sugeridas.

### **3.7. Análisis y tabulación de datos**

Para el primer objetivo de describir el estado actual del consumo de energía en la FAREM-Estelí, se construyó una base de datos utilizando la herramienta informática Excel conteniendo toda la información energética de las instalaciones universitarias. Incluyendo censo de carga de equipos, así como aspectos de iluminación y climatización.

Para el segundo objetivo de determinar los factores que inciden en el consumo energético, se analizaron aspectos técnicos de los equipos desde la hoja de cálculo implementada, realizando comparaciones de equipos por áreas en virtud de los niveles estándares establecidos según norma técnica. Además, a partir de inspección visual se llegó a determinar luminarias en mal estado y equipos obsoletos.

Para proponer un plan de mejoras para la eficiencia energética de los edificios universitarios, desde la hoja de trabajo de Excel se realizaron los cálculos requeridos para el dimensionamiento de sistemas de iluminación para remplazo de luminarias, climatización y el dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico propuesto.

Para evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental de las mejoras propuestas, igualmente se utilizaron las bondades estadísticas de Excel para calcular VAN, TIR y PAY-BACK; así como la realización de cálculos de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> con la implementación de las medidas sugeridas.

## **Capitulo IV**

### **4.1. Análisis y discusión de resultado**

#### **En relación al primer objetivo específico: Describir el estado actual del consumo de energía en la FAREM-Estelí**

Este objetivo se llevó a cabo a partir de un censo de carga con los datos recolectados en la hoja de campo donde se registró la potencia, horas uso de equipos y luminarias, posteriormente se procesaron los datos en tablas de Excel (Anexo No.1. Equipos) y (Anexo No.2. luminarias), Para un resultado más preciso, finalmente se obtuvo el consumo energético actual total, por área analizadas y así mismo el área con mayor consumo de la Facultad.

#### **En relación al segundo objetivo específico: Determinar los factores que inciden en el consumo energético de FAREM-Estelí.**

Para la aplicación de este objetivo se realizó una hoja de campo donde se registró el estado actual de las luminarias y de los equipos con los cuales se determinó el consumo actual de la Facultad. Como resultado se obtuvo que la institución consume una potencia actual de 23,623.491 kWh/mes (Anexo No.3), siendo los pabellones No.1 y No.2; seguido por el auditorio y la biblioteca, ya que la FAREM-Estelí es una institución pública correspondiente al estado, todos los recibos de servicios son procesados en Managua, por esta razón no se brindaron recibos eléctricos lo que limitó realizar una comparación del consumo registrado por DISNORTE y el consumo calculados en el presente estudio, sin embargo, se le atribuye este consumo elevado se debe a equipos obsoletos de alto consumo como aires acondicionados, a la falta de iluminación natural en aulas de clase y al mal dimensionado de luminarias, no cumpliendo con los estándares recomendados de iluminación.

## **Equipos**

El consumo de energía mensual en equipos de la Facultad, es de aproximadamente 22,256.101kWh, según censo de carga levantado, este conformado por el uso de equipos eléctricos en todas las áreas. Finalizando el censo de carga se detectaron áreas con mayor consumo en la Facultad correspondiente a, pabellón No.1 con 6,388.35kWh/mes, pabellón No.2 con 5852.35 kWh/mes (Anexo No.5.)

En estas dos áreas con mayor consumo que son el pabellón No.1 y No.2 donde se ubican los laboratorios de informática y las oficinas administrativas de la Facultad, que cuentan con aires acondicionados, computadoras e impresoras que están en uso gran parte del tiempo por lo cual su potencia es mayor; no obstante, la biblioteca y el auditorio también cuentan con un consumo alto con 3172.35kWh/m correspondientes a cada uno, contando con equipos de audio, aires acondicionados, computadoras y proyectores.

Se debe tomar en cuenta que una de las razones del alto consumo es la utilización de equipos antiguos que consumen mucha energía, siendo estos aires acondicionados ubicados en los laboratorios de informática, Vice decanato y auditorio, también fotocopiadoras ubicadas en la librería. Cabe recalcar que toda la Facultad cuenta con sistema eléctrico adecuado según la necesidad de cada zona.

## **Iluminación**

Los análisis correspondientes a consumo de iluminación con un consumo de 1367.39 kWh/mes al igual que los equipos presenta un alto consumo de energía eléctrica, esto debido al gran número de usuarios de la Facultad, en este aspecto se encontraron lámparas en mal estado en la mayoría de áreas y sección con falta de iluminación específicamente en el pabellón No.4 y No.5. (Anexo No.4)

El sistema de iluminación cuenta con luminarias fluorescentes y bombillos led, no existe un plan de cambio periódico de luminarias cuando estas alcanzan su vida útil, se cambian solamente cuando una de ellas se daña o deja de funcionar.

Para entender mejor la falta de iluminación se realizó una tabla donde se tomó una muestra de la cantidad de Lux recomendados por áreas y los lux existentes actualmente.

Tabla No.8. Cantidad de lux

Área	Iluminación actual (lux)	Iluminación recomendada (lux)
Oficinas	500	400
Aulas de clase 501-506	411	300
Aulas de clase 401-404	160	300
Aulas de clase 601-612	153	300
Laboratorios	550	500
Auditorio	350	300
Biblioteca	464	400
Área de deporte	316	300
Pasillos	70	50
Cafetería	350	300
Fotocopiadora	350	500

**En relación al tercer objetivo específico: Proponer un plan de mejoras para la eficiencia energética de los edificios universitarios.**

Para la reducción del consumo energético es importante un plan de mejoras que incluya medidas y recomendaciones que contribuyan al ahorro energético en la Facultad, tanto el personal docente y administrativo como los estudiantes. Con acciones como las siguientes se puede hacer un gran cambio en las áreas de mayor consumo.

**Iluminación:**

- Mejoras en el confort de los usuarios, con el cambio de luminarias por bombillos led de la marca Sylvania de 18 y 30W según lo plantea el dimensionado de luminarias, aplicado en todas las áreas de la Facultad por el personal de mantenimiento, esto

contribuirá a una adecuada iluminación en las distintas áreas y necesitará un mantenimiento periódico de limpieza y sustitución cuando su vida útil ya se agote. A continuación, se muestran los resultados obtenidos en el dimensionado de luminarias para aulas de clase, oficinas, laboratorios, auditorio y biblioteca, obteniendo la cantidad de luminarias total y al largo/ancho del local.

Los cálculos de acuerdo a iluminación por área se realizaron con el método de lúmenes podemos observar los cálculos en (anexo No.6) a continuación se muestra ejemplo de un área de la Facultad .

Secciones

Largo (A): 6.5

Ancho (B): 5

Alto: 2.8

Altura del plano de trabajo: 0.76

Altura de suspensión (h): 2.8

Bombillo led 12W

Flujo luminoso: 1500

Lux recomendado: 400

Em: se restan los lux recomendados menos 75 que es el valor en lux de la luz solar

Em:  $400-75: 325$

Índice local K

$$K: a \cdot b = \frac{6.5 \cdot 5}{2.8(6.5+5)} = \frac{32.5}{2.8 \cdot 11.5} = \frac{32.5}{32.2} = 1.0$$

Coefficiente de reflexión

Techo 0.5      Paredes 0.5      Suelo 0.1

Factor de utilización ( $\eta$ ): 0.51

Factor de mantenimiento ( $f_m$ ): 0.75

$$QT: E_m * S = 325 * (6.5 * 5) = 10,562 = 29,585$$

$$\eta * f_m = 0.51 * 0.7 = 0.357$$

$$N = \phi T = 29,585 = 6.5 \sim 7$$

$$N * \phi = 1 * 1500$$

$$\text{Nancho} = \sqrt{N_{\text{total}}} * \text{ancho} = 19 * 5 = 14 \sim 4$$

$$\text{Largo} = 6.5$$

$$N_{\text{largo}} = \text{Nancho} * \text{largo} = 5 * 6.5 = 16 \sim 5$$

$$\text{ancho} = 5$$

- Instalación de un SSF aislado para luminarias de 2300kW/h en el auditorio Román Esteban Toledo de la facultad y con una emisión de GEI de 102kg, contribuyendo a la reducción de la huella de carbono. Se recomienda brindar el mantenimiento necesario para un buen funcionamiento del sistema.
- Cambio de sistemas de aire acondicionado, que en su mayoría su vida útil caducada por equipos Samsung con tecnología invertir en los laboratorio, oficinas y auditorio por el personal de mantenimiento, integrando a los estudiantes de ingeniería en energías renovables en la instalación y mantenimiento aplicando conocimientos adquiridos en la clase de climatización, utilizando el dimensionado de aire acondicionado, utilizar el aire acondicionado solo en época verano, apagarlos cuando no se esté impartiendo clase o no se encuentre personal en las oficinas.

A partir de los datos anteriores se muestra el dimensionado ejecutado con respecto a aire acondicionado en áreas donde ya existe el sistema instalado con el fin de brindar un mayor confort a los usuarios con equipos óptimos, obteniendo los siguientes resultados. (Anexo No.7) a continuación se ejemplifica un cálculo:

Ejemplo:

Ubicación: Laboratorio de cómputos 1

Clima cálido 600 BTU m<sub>2</sub>

Área: 25 m<sub>2</sub>

Aspectos = Personas 30 (500 BTU) Computadoras 29 (400 BTU) Luminarias 16 (200 BTU)

Total, en BTU = (Se multiplica la cantidad por el valor en BTU y se suman los resultados)

Total = 29,800 BTU

Capacidad total = (Se multiplica el área por el valor en BTU del clima y se suma el total en BTU)

Capacidad = 44,800 BTU

- **Concientización**, promoción sobre el buen uso de la energía y la EE por medio charlas impartidas por los estudiantes de ingeniería en energías renovables, así mismo agregar rotulación en apagadores de luminarias haciendo recordatorio del apagado de las luces evitando el derroche innecesario de energía.
- **Prácticas de ahorro energético** por el personal de la Facultad con prácticas sencillas como el apagado de equipos en horas de almuerzo y momentos donde no se esté utilizando, utilizar la luz natural en el momento y lugar donde sea posible, así mismo cerrando puertas/ventanas cuando los equipos de climatización estén funcionando.
- **Es indispensable apagar los equipos** cuando no los esté utilizando, ordenador, impresoras, aires acondicionados, etc. Si un ordenador tiene que dejarse trabajando muchas horas, puede apagar la pantalla, que es lo que más consume. Apagar por las noches los equipos que no necesitan funcionar, también se pueden realizar pausas

cortas desconectando la pantalla de su pc, que es la responsable de la mayor parte del consumo energético.

- **Activar las funciones de ahorro energético** que para que el ordenador se apague de forma automática cuando detecta que no se está usando, utilizar más los formatos electrónicos y no impresos para enviar/recibir documentos sin necesidad de utilizar la impresora.

**En relación al cuarto objetivo específico: Evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental de las mejoras propuestas.**

Tomando en cuenta que anteriormente han existido SSF en la Facultad se determinó que la energía renovable adecuada para la FAREM-Estelí es la energía solar fotovoltaica, debido a que el lugar tiene buenos índices de radiación solar y además cuenta con el espacio suficiente para llevar a cabo un proyecto fotovoltaico por lo cual se realizó un presupuesto fotovoltaico (Anexo No.8.)

El sistema se centrará para abastecer la demanda que hay por parte de la iluminación en el auditorio Román Esteban Toledo de la Facultad, de igual forma se realizaron los cálculos financieros de TIR-VAN (Anexo N0.9) y las emisiones de carbono correspondiente al sistema propuesto, aspectos que son importante al momento de considerar la instalación (Anexo No.10)

## Capítulo V

### 5.1. Conclusiones

Al concluir el análisis de datos de la presente investigación desarrollada en FAREM-Estelí ha permitido concluir con la detección de problemas de eficiencia energética, realizando un censo de carga y las mediciones correspondientes, se logró identificar el estado actual de operación en los equipos y luminarias, pudiendo determinar los factores que inciden en un mayor consumo siendo uno de estos los equipos obsoletos que se encuentran en la Facultad, también se encontró que existe poca iluminación en aulas de clases por falta de mantenimiento en luminarias ya que muchas aulas presentan pocas luminarias en buen estado.

Asimismo, se logró demostrar mediante los datos obtenidos que las áreas que presentan un mayor consumo en quipos en la Facultad son el pabellones No.1 y No.2, que es donde se encuentran oficinas administrativas y laboratorios de informática, así mismo se obtuvo que la zona con mayor consumo en iluminación es el auditorio Roma Esteban Toledo ya que es el área que cuenta con el mayor número de luminarias en toda la institución, otro de los factores que inciden es que todos los aires acondicionados consumen más energía, ya que muchos de ellos son sistemas obsoletos aumentando la potencia necesaria para su funcionamiento óptimo.

Con los datos analizados en los objetivos anteriores se logró proponer un plan de mejoras de aplicación inmediata y a largo plazo, como charlas realizadas por los estudiantes a todos los usuarios, cambios de luminarias por bloque marca Sylvania de 18 y 30W, cambio de equipos por tecnología eficientes, de igual manera se educará a al personal y a los estudiantes con prácticas sencillas que podrán ser practicadas tanto en la universidad como en el hogar.

De esta manera con los datos obtenidos se logra proponer la utilización de fuentes renovables es este caso energía fotovoltaica para luminarias en el auditorio que actualmente en consumo en este es de 514.11kWh/ mes y así poder reducir de manera significativa en consumo actual de luminarias que es de 1367.39 kWh/mes a 853.28kWh/mes logrando reducir el 62.4% del

consumo de energía eléctrica en luminarias, lo que equivale a que se dejó de emitir a la atmosfera 102.31 kg de CO<sub>2</sub>/año.

De igual forma la hipótesis planteada se logró aceptar de una manera satisfactoria ya que con el análisis de datos se pudo determinar los factores que inciden en un mayor consumo en la universidad, también se ha podido brindar implementaciones según las regulaciones de energía, se tendrá como, proyecto piloto lograr reducir el consumo brindado un plan de ahorro energético y fomentar la educación energética tanto a personal como a estudiantes.

## 5.2. Recomendaciones

### Sistema fotovoltaico

- Capacitar al personal de mantenimiento sobre los sistemas fotovoltaico por parte de los estudiantes de años superiores de la carrera, por medio de charlas contribuyendo a las prácticas de expresión oral. esta manera se implementa prácticas con los estudiantes.
- Reactivación del SSF instalado en la oficina de decanato y brindarle mantenimiento periódico por parte de los estudiantes de ingeniería en energías renovables como parte de impulsar las prácticas en la carrera.
- Realizar una inversión monetaria para la implementación del SSF sugerido en el auditorio Román Esteban Toledo incluyendo el cambio de luminarias.

### Iluminación

- Utilización de luz natural en áreas donde es posible, logrando visualizar muy bien los colores, con lo que se evita la fatiga visual y contribuye a la comodidad en el trabajo; Pero no es conveniente la luz diurna como única fuente luminosa por ello es preciso un alumbrado artificial complementario, pensando siempre en el confort.
- Brindar mantenimiento constante a las luminarias, la eficacia de una lámpara disminuye con las horas de utilización, limpie con frecuencia sus luminarias y cuide de sus instalaciones.
- Dado el caso de no realizar el cambio de luminarias, hacer renovación de luminarias ya existentes por lote, ya que las luminarias malas son muchas y sería más económico.

## **Climatización**

- Realizar cambio de aire acondicionado por equipos con tecnologías nuevas y eficientes brindando mayor confort de los usuarios.
- Cuando sea posible aprovechar el clima fresco del ambiente y utilizar climatización solamente en verano, contribuyendo así a la reducción del consumo energético.
- Verificar continuamente el aislamiento de las áreas donde se utilice el sistema de climatización para evitar fugas y pérdidas de temperatura.
- En el caso de no realizar el cambio de equipos de climatización a corto plazo, se recomienda limpieza periódica para mejorar la calidad del aire y un buen funcionamiento.

## **Eficiencia energética**

- Concientización en los trabajadores esto implica a todo el personal, implantar una cultura de la eficiencia energética en su empresa mediante formación e información a los trabajadores favorezca el acceso a documentación técnica sobre ahorro de energía.
- Para lograr la eficiencia en toda la Facultad realizar auditorías energéticas en el recinto Elmer Cisneros y en la Estación experimental el limón como trabajo monográfico por parte de estudiantes de la carrera de ingeniería en energía renovables.
- Promover la EE en eventos facultativos y a nivel local con proyectos de contribución y concientización, no dejando el tema solo a Facultad, sino también a los hogares.

- Con el objetivo de mejorar continuamente se recomienda tomar en cuenta el presente estudio en futuras construcciones de la Facultad, especialmente los dimensionados de luminarias, aires acondicionados y la implementación de medidas de EE,
- En caso de realizar cambio de equipos, tomar en cuenta las nuevas tecnologías que contribuyen a la eficiencia y brindar mantenimiento periódico para alargar su vida útil.
- Elaborar un plano eléctrico para facilitar la ubicación de las cargas eléctricas en caso de dar mantenimiento y limpieza.

### 5.3. Bibliografía

- (CEPAL), C. E. (2015). *Informe nacional de monitoreo de eficiencia energetica de Nicaragua* . Obtenido de Repositorio CEPAL:  
[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/38910/S1500753\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/38910/S1500753_es.pdf)
- Altomonte, H., Coviello, M., & Lutz, W. (2003). *Energía Renovable y eficiencia energetica en America Latina y el Caribe (CEPAL)*. Santiago de Chile : Naciones Unidas .
- Alvarez Bayona, T. (2015). *Iluminación en puestos de trabajo*. Madrid : Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en Trabajos (INSHT).
- Aviles, M. (2020). *Energía Limpia XXI*. Obtenido de Energía Limpia XXI.
- Carretero Peña, A., & García Sanches, J. M. (2011). *Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora* . Madrid: AENOR.
- Cepal. (Agosto de 2015). *Repositorio cepal*. Obtenido de Repositorio cepal:  
[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/38910/S1500753\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/38910/S1500753_es.pdf)
- Den, A., & Jan, V. (Diciembre de 2014). *Eficiencia energetica en edificios* . Obtenido de Eficiencia energetica en edificios :  
<file:///C:/Users/Marlon%20Dormus/Downloads/EF%20Proyecto%20Eficiencia%20energetica%20en%20edificios%20publicos.pdf>
- Diez, T. (31 de Diciembre de 2014). *Planeta ahorro* . Obtenido de Planeta ahorro :  
<http://climatizacion10.com/planeta-ahorro/que-se-entiende-por-climatizacion.html>
- Energías renovables . (2019). *Línea verde* , 5.
- Fernández Salgado, J. M. (2011). *Eficiencia energetica en edificios* . Madrid .
- Fulkerson, W., Judkins, R., & Sanghvi, M. (Noviembre de 1990). *Revista Científica Energía De Combustibles Fósiles* . Obtenido de Revista Científica Energía De Combustibles Fósiles :  
<https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/la-energa-que-la-tierra-necesita-277/energa-de-combustibles-fsiles-4636>
- Heinrich Boll Stiftung . (05 de Abril de 2020). Obtenido de Heinrich Boll Stiftung .
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de investigación* . México .
- Jiménez, P., & Osmin, C. (2013). *Propuesta de ahorro de eficiencia energetica en el edificio del campus central de la universidad del Salvador*. León.
- Legarreta, X. (febrero de 2012). *Manual práctico de auditorías energéticas en la edificación* . Obtenido de Manual práctico de auditorías energéticas en la edificación :  
<https://coiina.files.wordpress.com/2012/02/curso-de-auditorias-energeticas.pdf>
- Maps, G. (noviembre de 2020). *Google Maps*. Obtenido de Google Maps.
- Martínez Rodríguez, H. (2017). *Evaluación de los equipos tecnológicos que usan el suministro energético en la empresa Disnorte-Esteli, durante el II semestre del 2016*. Esteli.

- minas, M. d. (2017). *Programa de Desarrollo de la Eficiencia Energética en Nicaragua* . Managua.
- Multidisciplinaria, F. R. (s.f.). *Historia* . Esteli .
- Olivas Lira , C. Y., Santamaria Aguilar, O. M., & Dimas Ruiz, W. J. (2018). *Implementacion de auditoria energetica en "el mini Hotel y cafeteria " de la ciudad de Bluefields en el año 2017-2018*. Bluefields.
- Peralta Calderon , E., Gutierrez Camas , S., & Chavarria Lorio , Y. (2016). *Auditoria energética en el Supermercado La Colonia, del municipio de Esteli, con énfasis en autogeneración de energía en el II semestre año 2016*. Esteli.
- Ramirez Leiva, L. J., & Pernet Feria , G. (Septiembre-Noviembre de 2013). *Eficiencia energetica en edificaciones* . Obtenido de Eficiencia energetica en edificaciones :  
file:///C:/Users/Marlon%20Dormus/Downloads/Evaluaci%C3%B3n%20Final%20Proyecto%20No%2070467%20EEE-%20final.pdf
- Reyes Aguilera , E. (2017). *generacion de biogas mediante el proceso de digestion anaerobia, apartir del aprovechamiento de sustratos organicos*. Esteli.
- Reyes Martinez, F. J., & Velasco Gomez , E. (2010). *eficiencia energetica en edificios* . España :  
PARANINFO.
- Romo Rico, D., & Galina Hidalgo, S. (Diciembre de 2008). *Revista Analisis Economico UAM- Universidad Autonoma Metropolitana* . Obtenido de Revista Analisis Economico UAM- Universidad Autonoma Metropolitana :  
<https://www.redalyc.org/pdf/413/41311483015.pdf>
- Rosa I Casals, M., Horta , R., Martinez, J., Garcia, D., Hornillas Laperal, E., Gonzales , V. A., & Martinez Magaña , J. (2009). *Modulo 8 Ahorro, eficiencia y gestion de la energia* . cataluña: universidad de cataluña.
- Saavedra, M. E. (s.f.). *Auditorias energeticas* . Esteli: UNAN Managua .
- Sanchez Torrija, J. (2017). *La auditoria energetica operativa en centros docentes como herramientas para mejorar el ahorro y la eficiencia energetica*. Madrid.
- Serrano , S. M. (2015). *Eficiencia energetica en edificios residenciales y metodologia para su calificacion energetica* . Mexico .
- Serrano, S. M. (s.f.). *Eficiencia energetica en edificios residenciales y metodologia para su calificacion energetica* . Cataluña , Cataluña, España.
- social, F. n. (2017). *El sector de energia electrica en Nicaragua* . Managua .
- Torija, S., & Gallego, J. (2017 ). *la energia operativa en centros docentes como herrsmientas para mejorar el ahorro y la eficiencia energetica* . Madrid .
- Ventura, V. H., Carvalho, R., Rojas, M. E., & Torijano, E. (2017). *Energia en Centroamerica: reflexion para la transciones hacia econimicas bajas en carbono*. Mexico D.F: Naciones Unidas.

## 5.4. Anexo

**Anexo NO.1. En las siguientes tablas se mostrarán específicamente los datos obtenidos de consumo por cada área de la Facultad correspondiente a equipos.**

*Tabla No.1.1. Equipos en Pabellón No.1*

<b>Equipos planta: pabellón no. 1</b>					
<b>Tipo</b>	<b>Cant.</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>(horas/ días)</b>	<b>Consumo KW horas/días</b>	<b>Consumo KW horas/mes</b>
Computadoras Dell	31	360	7	78.12	2343.6
Abanicos hp	21	320	6	40.32	1209.6
Proyector Epson	2	384	7	5.376	161.28
Abanico	2	40	7	0.56	16.8
Abanico Sankey	4	50	8	1.6	48
Impresora hp	7	365	3	7.665	229.95
Escáner hp	6	360	3	6.48	194.4
Teléfono convencional	3	33	24	2.376	71.28
Laptop Dell	2	60	4	0.48	14.4
Aire acondicionado	2	1500	4	12	360
Impresora Epson	2	316	4	2.528	75.84
Aspiradora	1	1400	2	2.8	84
Computadora BeQ	4	360	8	11.52	345.6
Aire acondicionado	1	7480	3	22.44	673.2
Computadora iPad iMac	1	295	8	2.36	70.8
Laptop hp	3	240	6	4.32	129.6
Computadora de Escritorio Hp	6	250	8	12	360
<b>Total P. No.1</b>				<b>212.945</b>	<b>6388.35</b>

*Tabla No.8. Equipos en Pabellón No.2*

<b>Equipos Planta: Zona: pabellón No.2</b>					
<b>Tipo</b>	<b>Cant.</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>(horas/ días)</b>	<b>Consumo de energía diario kwh/días</b>	<b>Consumo total de energía kwh/mes</b>
Proyector Epson	3	384	8	9.216	276.48
Computadora Noc	15	320	8	38.4	1152
Computadora de escritorio BeQ	17	165	8	22.44	673.2

Computadora DEL	14	360	8	40.32	1209.6
Aire acondicionado Miller elite 2	2	1100	8	17.6	528
Aire Acondicionado york	1	2300	8	18.4	552
Aire acondicionado portátil	1	950	8	7.6	228
Abanico	9	40	8	2.88	86.4
Teléfono	1	33	24	0.792	23.76
Radio	2	30	6	0.36	10.8
Televisor	1	50	4	0.2	6
Fotocopiadora	2	1500	8	24	720
Laptop Del	1	65	6	0.39	11.7
Impresoras	4	13	2	0.104	3.12
Pantalla led	1	50	3	0.15	4.5
Blue Rey	1	15	3	0.045	1.35
Percoladora Imisa capacidad 86	1	1200	2	2.4	72
Percoladora capacidad 40	1	975	8	7.8	234
Proyector BeQ	1	190	8	1.52	45.6
Percoladora capacidad 25	1	900	0.5	0.45	13.5
Total P. No.2				195.067	5852.01

*Tabla No.1.2. Equipos en pabellón No.3*

Equipos Planta: Pabellón No.3					
Tipo	Cant.	Potencia (W)	(horas/ días)	Consumo kW horas/días	Consumo kW horas/mes
Aire acondicionado	3	1100	6	19.8	594
Abanicos	10	50	6	3	90
Laptop Dell	2	35	5	0.35	10.5
Laptop	4	35	5	0.7	21
Computadora de escritorio	14	240	8	26.88	806.4
Impresora	2	16	1	0.032	0.96
Computadora de escritorio	3	240	8	5.76	172.8
Total P. No.3				56.522	1695.66

Tabla No.1.3. Equipos en pabellón No.4

Equipos planta: pabellón no.4					
Tipo	Cant.	Potencia (w)	(horas/ días)	Consumo de energía diario kwh/días	Consumo de energía total kwh/mes
Microscopio	6	40	2	0.48	14.4
Aire acondicionado	3	1100	6	19.8	594
Laptop Dell	1			0	0
Laptop Vaio	1	35	4	0.14	4.2
Impresora hp	1	12	0.5	0.006	0.18
Escáner impresor	1	385	0.5	0.1925	5.775
Computadora de escritorio	3	240	10	7.2	216
Abanico	9	50	6	2.7	81
Abanico	1	50	6	0.3	9
Radio	2	30	30	1.8	54
Teléfono	1	30	20	0.6	18
Router	1	55	24	1.32	39.6
Microondas	1	900	1	0.9	27
Pantalla led sony	2	55	4	0.44	13.2
Total P. No.4				35.8785	1076.355

Tabla No.1.4. Equipos en pabellón No.5

Equipos Planta: Pabellón No.5					
Tipo	Cant.	Potencia (W)	(horas/ días)	consumo de energía diario kWh/días	consumo de energía total kWh/mes
Proyector Epson	2	280	4	2.24	67.2
Pantalla Led	1	16	4	0.064	1.92
Aire acondicionado	2	1100	4	8.8	264
Fuentes	6	117.8	2	1.4136	42.408
Osciloscopio	5	117.5	2	1.175	35.25
Vatímetro	11	119	2	2.618	78.54
Fuentes pequeñas	6	117.8	2	1.4136	42.408
Total P. No.5				17.7242	531.726

Tabla No.1.5. Equipos en Auditorio Román Esteban Toledo

Equipos Planta: Auditorio Román Esteban Toledo					
Tipo	Cant.	Potencia (W)	(horas/ días)	Consumo de energía diario kwh/días	Consumo de energía kWh/mes
Laptop Dell	1	60	8	0.48	14.4
Parlantes	4	25	8	0.8	24
Computadora de escritorio BeQ	1	165	8	1.32	39.6
Amplificadores	2	1500	7	21	630
Aire acondicionado	6	1500	8	72	2160
Proyector Epson	1	280	8	2.24	67.2
Micrófono	1	15	7	0.105	3.15
Consola de audio	2	300	8	4.8	144
Poderes	2	1500	8	24	720
Total, auditorio				126.745	3802.35

Tabla No.1.6. Equipos en biblioteca Urania Zelaya

Equipos Planta Biblioteca Urania Zelaya					
Tipo	Cant.	Potencia (W)	(horas/ días)	consumo de energía diario kWh/días	consumo de energía total kWh/mes
Proyector Epson	2	280	4	2.24	67.2
Computadora de escritorio Hp	1	240	8	1.92	57.6
Computadora de escritorio BeQ	3	165	8	3.96	118.8
Abanico Sankey	3	40	6	0.72	21.6
Aire acondicionado Miller elite 2	2	1100	4	8.8	264
Total, biblioteca				17.64	529.2

*Tabla No.1.7. Equipos en biblioteca Urania Zelaya*

Equipos Planta: Área de deporte					
Tipo	Cant.	Potencia (W)	(Horas / días)	Consumo de energía diario (kwh/días)	Consumo de energía total (kwh/mes)
Computadora Hp	6	240	8	11.52	345.6
Abanico Sankey	7	50	5	1.75	52.5
Impresora	1	12	1	0.012	0.36
Total				13.282	398.46

**Anexo No.2. En las tablas correspondientes a luminarias se muestran los datos de potencia, horas de uso y cantidad por área, por medio de levantamiento de datos.**

*Tabla 2.1 Iluminación pasillo No.1*

Iluminación planta: pabellón No. 1						
Zona	Tipo	Cant.	Potencia (w)	Horas/ días	Consumo de energía diario kwh/día	Consumo de energía total kwh / mes
Laboratorio de computacion°1	FL	16	12	8	1.536	46.08
Laboratorio de computacion°2	FL	16	12	3	0.576	17.28
Área de mantenimiento	FL	8	12	3	0.288	8.64
Secretaria	FL	12	12	3	0.432	12.96
Registro	FL	22	12	3	0.792	23.76
Centro RRD y ACC	FL	16	12	3	0.576	17.28
Administración	FL	4	12	3	0.144	4.32
Decanato	FL	10	12	3	0.36	10.8
Baño	FL	4	12	3	0.144	4.32
Baño	FL	4	12	0.5	0.024	0.72
Pasillo	FL	12	12	1	0.144	4.32
Total P. No.1					5.016	150.48

*Tabla No.2.2.. Iluminación en pabellón No.2*

Iluminación Planta: pabellón 2						
Zona	Tipo	Cant.	Potencia (w)	(horas /días)	Consumo de energía diario kwh/día	Consumo de energía total kwh / mes
Laboratorio de informática	FL	12	12	8	1.152	34.56
Sala de cómputo Amadeus	FL	12	12	8	1.152	34.56
Sala de idiomas	FL	12	12	2	0.288	8.64
Vice decanato	FL	4	12	8	0.384	11.52
Sala de reuniones	FL	4	12	8	0.384	11.52
Fotocopiadora	FL	2	12	8	0.192	5.76

Cafetería	FL	2	12	8	0.192	5.76
Total P. No.2					3.744	112.32

*Tabla No.2.3. Iluminación en pabellón No.3*

Iluminación planta: pabellón no.3						
Zona	Tipo	Cant.	Potencia (w)	Horas/ días	Consumo de energía diario kwh/día	Consumo de energía total kwh / mes
Sección 301	FL	12	12	3	0.432	12.96
Sala de investigación	FL	4	12	3	0.144	4.32
Clínica	FL	6	12	3	0.216	6.48
Centro de innovación abierta	FL	6	12	3	0.216	6.48
Departamento de educación	FL	6	12	3	0.216	6.48
Departamento de ciencia economía y administración	FL	6	12	3	0.216	6.48
Sala de maestros economía	FL	6	12	3	0.216	6.48
Departamento de ciencias, tecnología y salud	FL	6	12	3	0.216	6.48
Sala de maestros de ciencias, tecnología y salud	FL	6	12	3	0.216	6.48
Baño	FL	4	12	0.5	0.024	0.72
Pasillo	FL	12	12	1	0.144	4.32
Total P. No.3					2.256	67.68

*Tabla No.2.4. Iluminación en pabellón No.4*

Iluminación Planta: Pabellón no.4						
Zona	Tipo	Cantidad	Potencia (w)	Horas/ días	Consumo de energía diario kwh/día	Consumo de energía total kwh / mes
501	FL	8	12	3	0.288	8.64
502	FL	8	12	3	0.288	8.64
503	FL	8	12	3	0.288	8.64
504	FL	8	12	3	0.288	8.64
505	FL	8	12	3	0.288	8.64
506	FL	4	12	3	0.144	4.32
Librería	FL	2	12	3	0.072	2.16
401	FL	12	12	3	0.432	12.96
402	FL	18	12	3	0.648	19.44
403	FL	4	12	3	0.144	4.32
404	FL	12	12	3	0.432	12.96
Laboratorio de biomedicina	FL	14	12	6	1.008	30.24
Oficina de Unen	FL	6	12	8	0.576	17.28
Pasillo 1	FL	18	12	1	0.216	6.48
Pasillo 2	FL	16	12	4	0.768	23.04
Total P. No.4					5.88	176.4

Tabla No.2.5. Iluminación en pabellón No.5

Iluminación Planta: Pabellón no.5						
Zona	Tipo	Cantidad	Potencia (w)	Horas/ días	Consumo de energía diario kwh/día	Consumo total kwh/ mes
601	FL	18	12	3	0.648	19.44
602	FL	12	12	3	0.432	12.96
603	FL	18	12	3	0.648	19.44
604 bodega y laboratorio de Ing. Energía renovable	FL	22	12	4	1.056	31.68
605	FL	18	12	3	0.648	19.44
606	FL	18	12	3	0.648	19.44
607	FL	18	12	3	0.648	19.44

608	FL	18	12	3	0.648	19.44
609	FL	18	12	3	0.648	19.44
610	FL	18	12	3	0.648	19.44
611	FL	18	12	3	0.648	19.44
612	FL	18	12	3	0.648	19.44
Total P. No.5					7.968	239.04

*Tabla No.2.6. Iluminación en biblioteca Urania Zelaya*

Iluminación Planta: Biblioteca Urania Zelaya						
Zona	Tipo	Cantidad	Potencia (w)	Horas/ días	Consumo de energía diario kwh/día	Consumo de energía total kwh / mes
Sala de lectura #1	FL	18	12	8	1.728	51.84
Sala de lectura #2	FL	18	12	8	1.728	51.84
Biblioteca	FL	36	12	8	3.456	103.68
Pasillo biblioteca	B.C	10	7	1	0.07	2.1
Oficina 1	FL	4	12	0	0	0
Oficina 2	FL	4	12	8	0.384	11.52
Total biblioteca					7.366	220.98

*Tabla No.2.7. Iluminación en Auditorio Román Esteban Toledo*

Iluminación planta: auditorio Román Esteban Toledo						
Zona	Tipo	Cant.	Potencia (w)	Horas/ días	Consumo de energía diario kwh/día	Consumo total de energía kwh/ mes
Auditorio	Fl	176	12	8	16.896	506.88
Bodega sur	B.c	1	7	0.5	0.0035	0.105
Oficina sur	Fl	2	12	0.5	0.012	0.36
Oficina norte	Fl	2	12	0.5	0.012	0.36
Oficina 2 norte	B.c	1	7	0.5	0.0035	0.105
pasillo	B.C	10	5	1	0.05	1.5

auditorio	B.C	5	4	8	0.16	4.8
Total Auditorio					17.137	514.11

*Tabla No.2.8. Iluminación en área de deporte*

Iluminación Planta: área de deporte						
Zona	Tipo	Cantidad	Potencia (w)	(horas /días)	Consumo de energía diario kwh/día	Consumo de energía total kwh / mes
Taekwondo	FL	8	12	8	0.768	23.04
Judo	FL	8	12	8	0.768	23.04
Danza	FL	8	12	8	0.768	23.04
Sala	FL	8	12	8	0.384	11.52
Oficina1	FL	4	12	8	0.024	0.72
Bodega	FL	4	12	0.5	0	0
Total deporte		40			2.712	81.36

*Anexo No.3. Tabla de consumo total de energía en FAREM- Estelí kWh*

Área	Energía consumida diario kWh/día	Energía consumida mensualmente kWh
Pabellón 1	217.961	6546.83
Pabellón 2	198.811	5964.67
Pabellón 3	57.728	1731.84
Pabellón 4	41.7585	1252.755
Pabellón 5	34.861	777.246
Auditorio	113.111	3686.46
Biblioteca	25.006	3183.87
Deporte Y Danza	15.994	479.82
total	705.231	23,623.491

*Anexo No.4. Tabla de consumo total en iluminación de FAREM- Estelí*

Área	Energía consumida diario kWh/día	Energía consumida mensualmente kWh
Pabellón 1	5.016	158.48
Pabellón 2	3.744	112.32
Pabellón 3	2.256	67.68
Pabellón 4	5.88	176.4
Pabellón 5	8.184	245.52
Auditorio	17.137	514.11
Biblioteca	7.366	11.52
Deporte Y Danza	2.712	81.36
total	52.295	1367.39

*Anexo No.5. Tabla de consumo de equipos de FAREM- Estelí*

Equipos		
Área	Energía consumida diario kWh/día	Energía consumida mensualmente kWh
Pabellón 1	212.945	6,388.35
Pabellón 2	195.067	5,852.35
Pabellón 3	55.472	1664.16
Pabellón 4	35.8785	1,076.355
Pabellón 5	17.724	531.726
Auditorio	105.745	3,172.35
Biblioteca	17.64	3,172.35
Deporte Y Danza	13.282	398.46
total	653.754	22,256.101

Anexo No.6. Cálculos de iluminación por área  
Oficinas

Largo (A): 2.7

Ancho (B): 5.58

Alto: 2

Altura del plano de trabajo: 0.76

Altura de suspensión (h): 2

Bombillo led 18W

Flujo luminoso: 1500

Lux recomendado: 300

Em: se restan los lux recomendados menos 75 que es el valor en lux de la luz solar

Em:  $300 - 75 = 225$

Índice local K

$$K: \frac{a \cdot b}{h \cdot (a+b)} = \frac{2.7 \cdot 5.58}{2 \cdot (2.7 + 5.58)} = \frac{32.5}{2.8 \cdot 11.5} = \frac{32.5}{32.2} = 1.0$$

Coefficiente de reflexión

Techo 0.5      Paredes 0.5      Suelo 0.1

Factor de utilización ( $\eta$ ): 0.46

Factor de mantenimiento ( $f_m$ ): 0.75

$$Q_T: \frac{Em \cdot S}{\eta \cdot f_m} = \frac{225 \cdot (2.7 \cdot 5.58)}{0.46 \cdot 0.75} = \frac{3,389}{0.345} = 9,823.18$$

$$\eta \cdot f_m = 0.46 \cdot 0.75 = 0.345$$

$$N = \frac{Q_T}{\phi} = \frac{9,823.18}{1500} = 9.8 \sim 10$$

$$N \cdot \phi = 10 \cdot 1500$$

$$\text{Nancho} = \frac{\sqrt{N_{\text{total}}}}{\text{Largo}} * \text{ancho} = \frac{10}{2.7} * 5.58 = 5$$

$$N_{\text{largo}} = \frac{\text{Nancho} * \text{largo}}{\text{ancho}} = \frac{4 * 2.7}{5.58} = 2$$

### Laboratorios

Largo (A): 7.8

Ancho (B): 5.58

Alto: 2.45

Altura del plano de trabajo: 0.76

Altura de suspensión (h): 2

Bombillo led 18W

Flujo luminoso: 1500

Lux recomendado: 400

Em: se restan los lux recomendados menos 75 que es el valor en lux de la luz solar

Em: 300-75: 225

### Índice local K

$$K: \frac{a \cdot b}{h \cdot (a+b)} = \frac{7.8 * 5.58}{2(7.8+5.58)} = \frac{43.5}{26.6} = 1.6$$

### Coefficiente de reflexión

Techo 0.5      Paredes 0.5      Suelo 0.1

Factor de utilización (U): 0.58

Factor de mantenimiento (fm): 0.75

$$Q_T: E_m * S = 225 * (7.8 * 5.58) = 9,787.5 = 22,500$$

$$\eta * \phi_m = 0.58 * 0.75 = 0.435$$

$$N = \frac{Q_T}{\eta * \phi} = \frac{22,500}{0.435} = 51,724$$

$$N * \phi = 1 * 1500$$

$$\text{Nancho} = \sqrt{\frac{N}{\text{Largo}}} * \text{ancho} = \sqrt{\frac{15}{7.8}} * 5.58 = 3$$

$$\text{Nlargo} = \text{Nancho} * \frac{\text{largo}}{\text{ancho}} = 3 * \frac{7.8}{5.58} = 5$$

### Auditorio

Largo (A): 31

Ancho (B): 8

Alto: 4

Altura del plano de trabajo: 0.76

Altura de suspensión (h): 4

Bombillo led 30W

Flujo luminoso: 2750

Lux recomendado: 600

Em: se restan los lux recomendados menos 75 que es el valor en lux de la luz solar

Em: 600-75: 525

Índice local K

$$K: \frac{a * b}{h * (a+b)} = \frac{31 * 8}{4 * (31+8)} = \frac{248}{156} = 1.5$$

$$h.(a+b) = 4(31+8) = 156$$

Coefficiente de reflexión

Techo 0.5      Paredes 0.5      Suelo 0.1

Factor de utilización ( $\eta$ ): 0.58

Factor de mantenimiento ( $f_m$ ): 0.80

$$Q_T: \underline{E_m * S} = \underline{525 * (31 * 8)} = \underline{130,200} = 280,603.4$$

$$\eta * f_m = 0.58 * 0.80 = 0.464$$

$$N = \frac{Q_T}{\phi} = \frac{20,603.4}{200} = 103$$

$$N * \phi = 1 * 2750$$

$$\text{Nancho} = \sqrt{N_{\text{total}}} * \text{ancho} = \sqrt{100} * 8 = 10$$

$$\text{Largo} = 31$$

$$N_{\text{largo}} = \text{Nancho} * \frac{\text{largo}}{\text{ancho}} = 10 * \frac{31}{8} = 38$$

$$\text{ancho} = 8$$

### Biblioteca

Largo (A): 20.17

Ancho (B): 7.5

Alto: 2.95

Altura del plano de trabajo: 0.76

Altura de suspensión (h): 2.9

Bombillo led 30W

Flujo luminoso: 2750

Lux recomendado: 400

Em: se restan los lux recomendados menos 75 que es el valor en lux de la luz solar

Em: 400-75: 325

Índice local K

$$K: \frac{a \cdot b}{h \cdot (a+b)} = \frac{20.17 \cdot 7.5}{2.95(20.17+7.5)} = \frac{151.275}{81.42} = 1.8$$

Coefficiente de reflexión

Techo 0.5      Paredes 0.5      Suelo 0.1

Factor de utilización ( $\eta$ ): 0.61

Factor de mantenimiento ( $f_m$ ): 0.75

$$Q_T: \frac{Em \cdot S}{\eta \cdot f_m} = \frac{325 \cdot (20.17 \cdot 7.5)}{0.61 \cdot 0.75} = \frac{49,164.375}{0.4575} = 107,463.11$$

$$\eta \cdot f_m = 0.61 \cdot 0.75 = 0.4575$$

$$N = \frac{Q_T}{\phi} = \frac{107,463.11}{2750} = 39$$

$$N \cdot \phi = 1 \cdot 2750$$

$$\text{Nancho} = \sqrt{N_{\text{total}}} \cdot \text{ancho} = \sqrt{39} \cdot 7.5 = 4$$

Largo                  20.17

$$N_{\text{largo}} = \text{Nancho} \cdot \frac{\text{largo}}{\text{ancho}} = 4 \cdot \frac{20.17}{7.5} = 10$$

### ***Anexo No.7. Cálculos de climatización por área***

Laboratorios de cómputos

Ubicación: Laboratorio de cómputos 2

Clima cálido 600 BTU m<sub>2</sub>

Área: 6 m<sub>2</sub>

Aspectos = Personas 20 (500 BTU) Computadoras 15 (400 BTU) Luminarias 8 (200 BTU)

Total en BTU = (Se multiplica la cantidad por el valor en BTU y se suman los resultados)

Total = 17,600 BTU

Capacidad total = (Se multiplica el área por el valor en BTU del clima y se suma el total en BTU)

Capacidad = 21,200

Ubicación: Laboratorio de cómputos 3

Clima cálido 600 BTU m<sub>2</sub>

Área: 25 m<sub>2</sub>

Aspectos = Personas 30 (500 BTU) Computadoras 23 (400 BTU) Luminarias 16 (200 BTU)

Total, en BTU = (Se multiplica la cantidad por el valor en BTU y se suman los resultados)

Total = 27,400 BTU

Capacidad total = (Se multiplica el área por el valor en BTU del clima y se suma el total en BTU)

Capacidad = 42,400 BTU

Ubicación: Laboratorio de cómputos AMADEUS

Clima cálido 600 BTU m<sub>2</sub>

Área: 25 m<sub>2</sub>

Aspectos = Personas 20 (500 BTU) Computadoras 14 (400 BTU) Luminarias 16 (200 BTU)

Total, en BTU = (Se multiplica la cantidad por el valor en BTU y se suman los resultados)

Total = 18,800 BTU

Capacidad total = (Se multiplica el área por el valor en BTU del clima y se suma el total en BTU)

Capacidad = 33,800 BTU

Ubicación: Laboratorio de energía renovable

Clima cálido 600 BTU m<sub>2</sub>

Área: 25 m<sub>2</sub>

Aspectos = Personas 15 (500 BTU) Computadoras 1 (400 BTU) Luminarias 16 (200 BTU)

Equipos de laboratorio 25 (300 BTU)

Total en BTU = (Se multiplica la cantidad por el valor en BTU y se suman los resultados)

Total = 18,600 BTU

Capacidad total = (Se multiplica el área por el valor en BTU del clima y se suma el total en BTU)

Capacidad = 33,600 BTU

Ubicación: Laboratorio de Biomedicina

Clima cálido 600 BTU m<sub>2</sub>

Área: 25 m<sub>2</sub>

Aspectos = Personas 20 (500 BTU)      Microscopio 6 (300 BTU)      Luminarias 12 (200 BTU)

Total en BTU = (Se multiplica la cantidad por el valor en BTU y se suman los resultados)

Total = 14,200 BTU

Capacidad total = (Se multiplica el área por el valor en BTU del clima y se suma el total en BTU)

Capacidad = 29,200 BTU

Ubicación: Auditorio

Clima cálido 600 BTU m<sub>2</sub>

Área: 248 m<sub>2</sub>

Aspectos = Personas 100 (500 BTU)      Computadoras 2 (400 BTU)      Luminarias 176 (200 BTU)

Parlante 4 (900 BTU)      Proyector 1 (400 BTU)      Amplificador 1 (600 BTU)

Total en BTU = (Se multiplica la cantidad por el valor en BTU y se suman los resultados)

Total = 90,600 BTU

Capacidad total = (Se multiplica el área por el valor en BTU del clima y se suma el total en BTU)

Capacidad = 2,39400 BTU

Ubicación: Decanato

Clima cálido 600 BTU m<sub>2</sub>

Área: 6 m<sub>2</sub>

Aspectos = Personas 1 (500 BTU)      Computadoras 1 (400 BTU)      Luminarias 4 (200 BTU)

Computadoras 1 (400 BTU)      Impresoras 1 (400 BTU)      Teléfono 1 (300 BTU)

Total en BTU = (Se multiplica la cantidad por el valor en BTU y se suman los resultados)

Total = 2400 BTU

Capacidad total = (Se multiplica el área por el valor en BTU del clima y se suma el total en BTU)

Capacidad = 6000 BTU

Ubicación: Vice decanato

Clima cálido 600 BTU m<sub>2</sub>

Área: 4 m<sub>2</sub>

Aspectos = Personas 1 (500 BTU) Computadoras 1 (400 BTU) Luminarias 2 (200 BTU)

Televisor 1 (400 BTU) Impresora 1 (400 BTU)

Total en BTU = (Se multiplica la cantidad por el valor en BTU y se suman los resultados)

Total = 2100 BTU

Capacidad total = (Se multiplica el área por el valor en BTU del clima y se suma el total en BTU)

Capacidad = 4500 BTU

*Anexo No.7. Tabla presupuesto fotovoltaico*

N°	Descripción	U/M	Cantidad	Costo Unitario \$	Costo total \$
1	Panel solar 360W/12v	Unidad	13	300	3900
2	Batería Trojan 120amp/ 12V	Unidad	7	160	1120
3	Controlador de carga 150/60	Unidad	1	45	45
4	Combinador solar 1 circuito	Unidad	1	160	160
5	Estructura panel	set	1	175	175
6	Conductores para generación	set	1	160	160
7	Total			1000	5560

## Anexo No.8. Dimensionado para un sistema fotovoltaico

En el siguiente apartado se muestra el dimensionado para el sistema fotovoltaico propuesto para el auditorio Román Esteban Toledo.

### Dimensionado Fotovoltaico

Tabla de luminarias del auditorio a corriente alterna

N°	Descripción del aparato	Voltaje	Cantidad	P(W)	t(h)	E(Wh/dia)	E(kWh/mensual)
1	Lámparas fluorescentes	120	176	12	8	16,896	5,068
2							

Iluminacion Planta : Auditorio			
zona	tipo	Cantidad	potencia (W)
auditorio	FL	176	120

**Pcc Instalada =** 12\*18  
**Pcc Instalada =** 21,120  
**Ecc** 16,896

### Potencia de paneles

**Ppv:** 410/ 120V  30%=f

### Potencia demanda

$$P_{dem} = \frac{f \cdot E_{total}}{\Delta t_{sol}} = \frac{1.3 (16,896)}{4.8h} = 4,576W$$

Numero de paneles

$$N^{\circ} \text{ paneles} = \frac{P_{dem}}{P_{pv}} = \frac{4,576W}{410} = 11$$

Potencia de generación

$P_{gen} = P_{pv} \text{ (N° de paneles)}$

$$P_{gen} = 410 * 11 = 4,510 \text{ W}$$

Para calcular los demás datos que corresponde al dimensionado, el sistema tendrá una autonomía de 4 días y un ciclo profundo de 80%

Energía de la batería

$$E_{bat} = \frac{E_{total} \text{ (tdías)}}{Sp} = \frac{16,896 \text{ ( 4días)}}{0.8*0.70*12} = 10,057.14 \text{ Wh}$$

**Numero de baterías**

$$12v * 105A = 1260$$

$$N° \text{ bat} = 10,057.14 \text{ Wh} / 1260 \text{ Wh} = 8.3 \text{ Wh/h} \sim 7$$

**Resistencia del capacitor**

$$R_c = \frac{P_{gen}}{V_{sist}} = \frac{4,680 \text{ W}}{12v} = 390 \text{ A (25\% mas = 1.25)}$$

$$R_c = 1.25(390A) = 487.6 \text{ A} \sim 488$$

**Potencia del inversor**

No se calcula porque no existe carga CA en el censo

**Energía Generada**

$$E_{gen} = (P_{gen}) (\Delta t_{sol})$$

$$E_{gen} = (4,576 \text{ W}) (4.8 \text{ h}) = 21,954 \text{ W/h}$$

Energía sobrante

$$E_{sobrante} = E_{gen} - E_{dem}$$

$$E_{sobrante} = 21,954 \text{ W/h} - 16,896 \text{ W/h} = 5,068 \text{ W/h}$$

Días de Carga

$$\text{Días de carga} = \frac{E_{bat}}{E_{sobrante}} =$$

$$\text{Días de carga} = \frac{10,057 \text{ W/h}}{5,068 \text{ W/h}} = 2$$

**Anexo No.9. Evaluación económica se realizó de acuerdo al dimensionado solar para el auditorio.**

**Evaluación económica**

Costo actual de la energía C\$ 6.68 por kWh

Costo total de la instalación del sistema fotovoltaico: \$ 5560

Tasa de cambio: \$1 => 34.8264

Consumo del auditorio: 16.896 kWh

Consumo del Auditorio al mes: 506.88 kWh

2021: costo salas de lectura al mes: C\$ 3,385.95

Costo salas de lectura anual: C\$ 40,631.50=> \$ 1,415,048.9

2022: C\$7.34 por kWh => C\$ 3,720.49 al mes => C\$ 44,645.99 anual => \$ 1, 554,573.37

2023: C\$8.07 por kWh => C\$ 4,090.52 al mes => C\$ 49,086.25 anual => \$ 1, 709,183.55

2024: C\$8.87 por kWh => C\$ 4,496.02 al mes => C\$ 53,952.30 => \$ 1,878,619.34

2025: C\$9.75 por kWh => C\$ 4,942.08 al mes => C\$ 59,304.96 anual => \$ 2,064,998.71

Cálculo de VAN

$$\text{VAN} = - \frac{I}{1+i} + \frac{\text{FN1}}{1+i^2} + \frac{\text{FN2}}{1+i^3} + \frac{\text{FN3}}{1+i^4} + \frac{\text{FN4}}{1+i^5} + \text{FN5}$$

Interés al 12%

$$VAN = (-5560) + \frac{1,415,048.9}{1 + 0.12} + \frac{1,554,573.37}{(1 + 0.12)^2} + \frac{1,709,183.55}{(1 + 0.12)^3} + \frac{1,878,619.34}{(1 + 0.12)^4} + \frac{2,064,998.71}{(1 + 0.12)^5}$$

$$VAN = (-5560) + 1,263,436.51 + 1,239,296.37 + 1,216,563.09 + 1,193,896.55 + 1,171,735.72$$

$$VAN = (-5560) + 12,169,856.48 \Rightarrow VAN = 12,164,296.48$$

Interés al 10%

$$VAN = (-5560) + \frac{1,415,048.9}{1 + 0.1} + \frac{1,554,573.37}{(1 + 0.1)^2} + \frac{1,709,183.55}{(1 + 0.1)^3} + \frac{1,878,619.34}{(1 + 0.1)^4} + \frac{2,064,998.71}{(1 + 0.1)^5}$$

$$VAN = (-5560) + 1,286,408.09 + 1,284,771.38 + 1,284,134.89 + 1,283,122.28 + 1,282,201.73$$

$$VAN = (-5560) + 6,420,638.37 \Rightarrow VAN = 6,415,078.37$$

Cálculo del TIR

$$TIR = i_1 + (i_2 - i_1) \left| \frac{VAN_1}{VAN_1 + VAN_2} \right|$$

$$TIR = 0.12 + (0.1 - 0.12) \left| \frac{12,164,296.48}{12,164,296.48 + 6,415,078.37} \right|$$

$$TIR = 0.12 + (-0.02) \left| \frac{12,164,296.48}{18,579,374.8} \right|$$

$$TIR = (0.12 + (-0.02) * 0.654$$

$$TIR = 0.0654 \text{ equivalente al } 6.54 \%$$

Tasa de retorno mínima atractiva (trema): 10%

$$Rb/c = FN1 + FN2 + FNn$$

$$\frac{1 + i + 1 + i^2 + 1 + i^n}{1 + i \quad 1 + i^2 \quad 1 + i^n}$$

$$Io + C1 + C2 + Cn$$

$$1 + i \quad 1 + i^2 \quad 1 + i^n$$

$$Rb/c = 1,415,048.9 + 1,554,573.37 + 1,709,183.55 + 1,878,619.34 + 2,064,998.71$$

$$\frac{1 + 0.12 \quad (1 + 0.12)^2 \quad (1 + 0.12)^3 \quad (1 + 0.12)^4 \quad (1 + 0.12)^5}{5560}$$

$$5560$$

$$Rb/c = \frac{12,169,856.48}{5560}$$

$$5560$$

$$Rb/c = 2,188.82$$

Periodo de recuperación

$$PRI = \frac{a + (b - c)}{d}$$

$$d$$

a = año de recuperación de la inversión

b = inversión inicial

c = flujo de efectivo acumulado del año inmediato anterior a la recuperación de la inversión

d = flujo de efectivo del año en que se recupera la inversión

$$PRI = 4 + \frac{5560 - 1,878,619.34}{2,064,998.71} = 4 + \frac{1,873,059.34}{2,064,998.71} = 4 + (0.90) = 4.90 \text{ años}$$

$$2,064,998.71 \quad 2,064,998.71$$

0.90 \* 12= 10.8 mese

La inversión se recuperará en 4 años y 10 meses

### Anexo No.10. Cálculo de emisiones de CO2

Con respecto siempre al sistema fotovoltaico se realizó el cálculo de emisiones de gases, reflejando la contribución al medio ambiente la utilización de fuentes renovables.

$$\text{Consumo energético en auditorio} = \frac{506.88 \text{ kWh/año} * 1 \text{ Nm}^3}{10,65 \text{ kWh}} = 47.59 \text{ m}^3 \text{ de gas natural}$$

$$\text{Emisiones de CO}_2 = 47.59 \text{ m}^3 * 2.15 \text{ kg/Nm}^3 = 102.31 \text{ kg de CO}_2/\text{año}$$

Anexo 11 calendario de actividades

Etapas	Actividad	2020										2021
		Mar	Abr	May	Jun	Agos	sep	Oct	Nov	Dic	Ene	
Etapas 1	Elaboración de protocolo de Investigación											
Etapas 2	Defensa de protocolo											
Etapas 3	ejecución de protocolo (recolección de datos cuantitativos y cualitativos)											
	Procedimiento de Datos											
Etapas 5	Defensa de informe final											

**EQUIPOS**

Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_ Hoja \_\_\_\_ de \_\_\_\_

Equipos Planta: \_\_\_\_\_ Zona: \_\_\_\_\_

Tipo	Cant.	Pot. Nominal [W]	Funcionamiento		Consumo [W]	Observaciones
			Lunes-viernes	Sábado-Domingo		

Equipos Planta: \_\_\_\_\_ Zona: \_\_\_\_\_

Tipo	Cant.	Pot. Nominal [W]	Funcionamiento		Consumo [W]	Observaciones
			Lunes-viernes	Sábado-Domingo		

Equipos Planta: \_\_\_\_\_ Zona: \_\_\_\_\_

Tipo	Cant.	Pot. Nominal [W]	Funcionamiento		Consumo [W]	Observaciones
			Lunes-viernes	Sábado-Domingo		

Equipos Planta: \_\_\_\_\_ Zona: \_\_\_\_\_

Tipo	Cant.	Pot. Nominal [W]	Funcionamiento		Consumo [W]	Observaciones
			Lunes-viernes	Sábado-Domingo		

Anexo No. 12. Fotografía de hojas de campo





*Anexo No.14. Fotografía de Aulas de clase con lámparas en mal estado*



*Anexo No.15. Fotografía de Aulas de clase con lámparas en mal estado*



*Anexo No.16. Fotografía pabellón No.1. Y No.2. Con mayor consumo en equipos*



*Anexo No.17. Fotografía del auditorio Román Esteban Toledo con mayor consumo en luminarias*