



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA  
INGENIERÍA MECÁNICA**

Auditoria de Eficiencia Energética en la Fuerza Aérea del Ejército de  
Nicaragua en los edificios de Simulación de Vuelos y Base de  
Reparaciones Aéreas (2015)

**AUTORES**

Br. Carlos Adán Marín Díaz  
Br. Raymundo Efraín Barcia Picado

**TUTOR**

Ing. Donal Pérez Palma

**Managua, 11 de Septiembre de 2015**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA  
INGENIERÍA MECÁNICA**

Auditoria de Eficiencia Energética en la Fuerza Aérea del Ejército de  
Nicaragua en los edificios de Simulación de Vuelos y Base de  
Reparaciones Aéreas (2015)

**AUTORES**

Br. Carlos Adán Marín Díaz  
Br. Raymundo Efraín Barcia Picado

**TUTOR**

Ing. Donald Pérez Palma

**Managua, 11 de Septiembre de 2015**





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Tecnología de la Industria**

**SECRETARÍA DE FACULTAD**

**F-8: CARTA DE EGRESADO**

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA** hace constar que:

**MARIN DÍAZ CARLOS ADAN**

Carne: **2010-33570** Turno **Diurno** Plan de Estudios **972A** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERÍA MECANICA**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los trece días del mes de mayo del año dos mil quince.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez  
Secretario de Facultad





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
Facultad de Tecnología de la Industria

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA hace constar que:

BARCIA PICADO RAYMUNDO EFRAIN

Carne: 2010-33245 Turno Diurno Plan de Estudios 972A de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es EGRESADO de la Carrera de INGENIERÍA MECANICA.

Se extiende la presente CARTA DE EGRESADO, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los veinte y ocho días del mes de mayo del año dos mil quince.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez  
Secretario de Facultad



**DECANATURA**

**A:** Brs. Raymundo Efraín Barcia Picado  
Carlos Adán Marín Díaz

**DE:** Facultad de Tecnología de la Industria

**FECHA:** Lunes 13 de abril del 2015

Por este medio hago constar que su trabajo de Investigación Titulado **“Auditoría de Eficiencia Energética en la Fuerza Aérea del Ejército de Nicaragua en los edificios de Simulación de Vuelos y Base de Reparaciones Aéreas (2015)”** Para obtener el título de Ingeniero Mecánico, y que contara con el Ing. Donald Palma Pérez, Como profesor guía, ha sido aprobado por esta Decanatura por lo que puede proceder a su realización.

Cordialmente,

  
Ing. Daniel Cuadra Horney  
Decano



C/c Archivo



Lider en Ciencia y Tecnología

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

## Facultad de Tecnología de la Industria

### DECANATURA

**A:** Brs. Raymundo Efraín Barcia Picado  
Carlos Adán Marín Díaz

**DE:** Facultad de Tecnología de la Industria

**FECHA:** viernes 03 de Julio del 2015

Por este medio hago constar que la solicitud de prórroga para el trabajo de Investigación Titulado **"Auditoria de Eficiencia Energética en la Fuerza Aérea del Ejército de Nicaragua en los edificios de Simulación de Vuelos y Base de Reparaciones Aéreas (2015)"**. Para obtener el título de Ingeniero Mecánico, y que contara con el Ing. Donald Palma Pérez, Como profesor guía, ha sido aprobado para el día viernes 11 de Septiembre del 2015.

Cordialmente,

  
Ing. Daniel Cuadra Horney  
Decano



C/c Archivo

Managua 11 de septiembre de 2015

Ing. Daniel Cuadra Horney  
Decano FTI  
Facultad de Tecnología de la Industria

Estimado Ing. Cuadra.

Por este medio me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he revisado detalladamente el trabajo monográfico titulado: **“Auditoría de Eficiencia Energética en la Fuerza Aérea del Ejército de Nicaragua en los edificios de Simulación de Vuelos y Base de Reparaciones Aéreas. (2015)”**, elaborada por los bachilleres Carlos Adán Marín Díaz y Raymundo Efraín Barcia Picado, para optar al título de ingeniero Mecánico.

Como tutor de este trabajo monográfico considero que el mismo cumple con los requerimientos suficientes para ser discutido ante el jurado que usted designe conveniente.

Agradeciendo su atención a la presente, le saludo cordialmente.

Atentamente:



Ing. Donal Pérez Palma  
Tutor



**FUERZA AEREA**  
Sección Operaciones y Planes  
Estado Mayor  
"Carlos Segundo Ulloa Arauz"

Managua, 26 de Marzo 2015

Ing. Daniel Cuadra Horney  
Decano FTI  
UNI  
Sus manos

Por este medio hago constar que los Br. Raymundo Efraín Barcia Picado(número de Carnet estudiantil: 201033245) y Carlos Adán Marín Díaz(número de Carnet estudiantil: 201033570), actualmente se encuentran elaborando el protocolo de tesis que lleva por nombre "**Auditoria de Eficiencia Energética en la Fuerza Aérea del Ejército de Nicaragua en los edificios de Simulación de Vuelos y Base de Reparaciones Aéreas (2015)**", lo cual servirá como tema de monografía para que ellos obtengan su título de Ingeniero Mecánico.

Nuestra institución se compromete a brindar la información necesaria para llevar a cabo el estudio antes mencionado.

Se extiende la presente a solicitud de la parte interesada a los 26 días del mes de marzo del año 2015.

Atentamente,

Jefe Sección Operaciones y Planes  
Coronel (PA) DEMA  
**EFREN ALEJANDRO MARIN SERRANO**



Cc. Ing. Donald Pérez Palma/Profesor /FTI/UNI.

Ing. César Barahona /Director /Centro de Producción más Limpia.

Archivado

## Dedicatoria

*Carlos Adán Marín Díaz:*

*Dedicada primeramente a Dios por permitirme la vida y poder llegar hasta el final, por darme la sabiduría y el conocimiento necesario para alcanzar mis metas, por llevarme por el camino correcto durante toda mi vida y cuidarme en todo momento.*

*A mi madre Karla Fátima Díaz González, mi mayor inspiración quien hizo que durante todos mis estudios nunca me faltara nada, por apoyarme en todo momento y darme motivación para nunca rendirme y poder así llegar a convertirme en el ingeniero que siempre quise ser.*

*A mis abuelitos y hermanos quienes creyeron en mí, me apoyaron durante todos mis estudios, me brindaron consejos e hicieron que mi camino hacia el final fuera más fácil, por ser el centro de mi motivación de llegar a ser un profesional.*



## Dedicatoria

*Raymundo Fraín Barcia Picado:*

*Gracias a Dios todo poderoso por haberme dado salud, dedicación y entrega a mis estudios, por darme lo necesario para seguir adelante día tras día para lograr con mis objetivos.*

*A mis padres por sus consejos, por haberme inculcado la abnegación, la disciplina y los buenos hábitos que me han hecho escalar este peldaño de mi vida.*

*A mis tíos (as) por su apoyo moral en todos los momentos difíciles que he atravesado.*

*A mis abuelitos por su cariño y sus finezas que me han estimulado a finalizar mis estudios universitarios.*

## Agradecimientos

Agradecemos en primer lugar a nuestro tutor **Donal Pérez Palma**, por habernos apoyado durante toda nuestro trabajo y brindarnos las herramientas necesarias para poder culminar nuestra monografía.

Al **Centro de Producción más Limpia (CPML)**, quienes estuvieron con nosotros durante todo el trabajo investigativo y ayudaron con su realización y brindar respuestas a nuestras incógnitas.

A **La Fuerza Aérea** por permitirnos hacer nuestro trabajo investigativo en sus edificios y apoyarnos dándonos toda la información que requeríamos, para llevar a cabo todo el trabajo de principio a fin.

A todas las personas quienes ayudaron a la realización de nuestro trabajo, y brindaron parte de su tiempo para poder atender a nuestras preguntas e inquietudes.

## Resumen

El presente trabajo monográfico se realizó en la Fuerza Aérea, la cual está ubicada en la ciudad de Managua. Realizando una auditoria energética de segundo grado para una obtener una mejor eficiencia energética en sus equipos consumidores.

Para determinar las alternativas de mejoras en el proceso se definió una línea base (actualidad de la institución), como fue el consumo promedio eléctrico mensual, demanda máxima en periodo de valle y punta, así como el indicador ambiental de cuanto dióxido de carbono emiten de manera indirecta.

Se estableció la distribución del consumo eléctrico a partir de los parámetros de operación, tales como potencia de cada equipo y tiempo con el que operan dichos equipos.

Durante el análisis energético se identificaron 3 opciones de mejoras, la cual tiene una inversión total de **U\$ 165,994.64**, ahorrándose así **U\$ 56,914.80** al año. Dicha inversión se estaría recuperando en 3 años.

Al implementar las opciones de mejoras se obtiene un beneficio en la reducción de consumo de energía eléctrica por climatización, de **122,964.4 kWh** al año que es el 51.8 % del consumo total de ambos edificios (**237,041.1 kWh** año), esto equivale a dejar de emitir de manera indirecta 59 toneladas de CO<sub>2</sub>, principal causante del efecto invernadero.

El consumo de energía eléctrica promedio en toda la institución es de **34,008.33 kWh al mes**, con las opciones de mejoras se dejaría de consumir **16,645.25 kWh** mensual, ahorrando el **48.9 %** de la energía eléctrica total consumida.

## **Nomenclatura:**

**BTU: British Thermal Unit.**

**Ce: Consumo de energía eléctrica. (kWh)**

**CO<sub>2</sub>: Dióxido de Carbono.**

**Cosφ: Factor de potencia.**

**EER: Relación de Eficiencia Energética.**

**h: Horas uso.**

**I: Intensidad de corriente eléctrica. (A)**

**INE: Instituto Nicaragüense de Energía.**

**LED: Light Emitting Diode ( Diodos Emisores de Luz).**

**LFC: Lámpara fluorescente compacta.**

**L<sub>1,2</sub>: Líneas de fase.**

**N: cantidad de equipos consumidores de energía eléctrica.**

**P: Potencia activa (kW).**

**PR: Periodo de recuperación.**

**R: Resistencia.**

**S: Potencia Aparente (kVA)**

**TIR: Tasa interna de retorno.**

**V: Voltaje (V).**

**VPN: Valor presente neto.**

**Wp: Watt de potencia**

## Contenido

|  |    |
|--|----|
| <b>I. Introducción</b> .....   | 1  |
| <b>II. Objetivos</b> .....   | 3  |
| 2.1 Objetivo General .....   | 3  |
| 2.2 Objetivos Específicos: .....   | 3  |
| <b>III. Justificación</b> .....  | 4  |
| <b>IV. Marco Teórico</b> .....   | 5  |
| 4.1 Generalidades .....  | 5  |
| 4.1.1 Auditoria Energética: .....  | 5  |
| 4.1.2 Objetivos de las Auditorías Energéticas: .....                         | 5  |
| 4.1.3 Tipos de Auditorías Energéticas .....                                  | 6  |
| 4.1.3.1 Auditoria Preliminar o de primer grado:.....                         | 6  |
| 4.1.3.2 Auditoría General o de segundo grado:.....                           | 7  |
| 4.1.3.3 Auditoria de tercer grado. ....                                      | 7  |
| 4.1.4 Metodología de una auditoria en eficiencia energética.....             | 8  |
| 4.1.5 Tipos de información requeridas en una auditoria energética .....      | 9  |
| 4.1.6 Material necesario para la realización de auditorías energéticas ..... | 9  |
| 4.1.7 Elaboración del Balance de Energía.....                                | 10 |
| 4.1.8 Evaluación técnica de las medidas de ahorro .....                      | 12 |
| 4.1.9 Estudios de los indicadores energéticos.....                           | 12 |
| 4.1.10 Medición y Parámetros de consumo de energía eléctrica .....           | 13 |
| 4.1.11 Electricidad .....  | 14 |
| 4.1.11.1 Factores que implican un mayor consumo de energía eléctrica.....    | 14 |
| 4.1.11.2 Factura eléctrica.....  | 14 |
| 4.1.11.3 Tarifas Monomías:.....  | 15 |
| 4.1.11.4 Tarifas Binomías:.....  | 15 |
| 4.1.11.5 Composición de la factura eléctrica:.....                           | 15 |
| 4.1.11.5.1 Consumo de energía:.....  | 16 |
| 4.1.11.5.2 Demanda de potencia: .....  | 16 |
| 4.1.11.5.3 Factor de potencia: .....   | 16 |

|              |  |           |
|--------------|--|-----------|
| 4.1.11.6     | Consecuencias de un bajo factor de potencia .....                        | 18        |
| 4.1.11.7     | Beneficios de corregir el factor de potencia.....                        | 18        |
| 4.1.12       | Sistema de Climatización .....   | 19        |
| 4.1.12.1     | Elementos claves para el uso racional de energía .....                   | 20        |
| 4.1.12.2     | Carga de enfriamiento .....  | 25        |
| 4.1.12.3     | Mejoras Energéticas en el sistema de climatización .....                 | 25        |
| 4.1.13       | Sistema de iluminación.....  | 26        |
| 4.1.13.1     | Componentes del sistema de iluminación artificial .....                  | 29        |
| 4.1.13.1.1   | Lámparas: .....  | 29        |
| 4.1.13.1.2   | Luminarias.....  | 30        |
| 4.1.13.1.3   | Balastos electrónicos .....  | 30        |
| 4.1.13.1.4   | Equipos de control. ....   | 31        |
| 4.1.13.2     | Principales tipos de lámparas.....                                       | 31        |
| 4.1.13.2.1   | Incandescentes convencionales: .....                                     | 31        |
| 4.1.13.2.2   | Halógenas .....  | 32        |
| 4.1.13.2.3   | Fluorescentes lineales.....  | 32        |
| 4.1.13.2.4   | Lámparas fluorescentes compactadas (LFC).....                            | 33        |
| 4.1.13.3     | ¿Por qué utilizar lámparas eficientes?.....                              | 34        |
| 4.1.13.4     | Eficiencia en sistemas de distribución de electricidad.....              | 35        |
| 4.1.14       | Análisis de viabilidad económica de las mejoras .....                    | 35        |
| <b>V.</b>    | <b>Análisis de la información</b> .....                                  | <b>36</b> |
| 5.1          | Descripción del consumo de energía.....                                  | 37        |
| 5.2          | Análisis de los suministros energéticos .....                            | 37        |
| 5.2.1        | Energía Eléctrica .....  | 37        |
| 5.2.2        | Contratación .....   | 38        |
| 5.2.3        | Consumo eléctrico mensual .....  | 39        |
| 5.2.4        | Demanda de Potencia .....  | 41        |
| 5.2.5        | Factor de Potencia .....   | 42        |
| 5.2.6        | Consumo energético de la instalación y distribución por usos finales.... | 43        |
| 5.3          | Análisis de las Tecnologías de Servicio.....                             | 43        |
| <b>5.3.1</b> | <b>Edificio # 1</b> .....  | <b>44</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| 5.3.1.1 Climatización .....  | 44        |
| 5.3.1.1.1 Análisis de la curva monótona .....  | 44        |
| 5.3.1.1.2 Mediciones Puntuales y Cálculo del EER para los Aires<br>Acondicionados.....   | 47        |
| 5.3.1.2 Iluminación .....  | 49        |
| 5.3.2.1 Análisis de los niveles de iluminación .....   | 51        |
| 5.3.1.3 Consumo energético por los equipos de prácticas.....   | 52        |
| 5.3.1.4 Consumo de energía eléctrica por otros equipos.....  | 52        |
| 5.3.1.5 Balance de energía .....   | 54        |
| <b>5.3.2 Edificio # 2.....</b>   | <b>56</b> |
| 5.3.2.1 Climatización edificio # 2.....  | 56        |
| 5.3.2.1.1 Cálculo de la Relación de Eficiencia Energética .....  | 58        |
| 5.3.2.2 Iluminación .....  | 60        |
| 5.3.2.2.1 Análisis de los niveles de iluminación .....   | 61        |
| 5.3.2.3 Demanda de potencia y consumo de energía eléctrica por<br>computadoras.....  | 62        |
| 5.3.2.4 Consumo de energía eléctrica por otros equipos .....   | 63        |
| 5.3.2.5 Balance de Energía del edificio # 2 .....  | 65        |
| 5.3.2.6 Balance de Energía Total (Edificio 1 y 2) .....  | 67        |
| 5.4 Indicador Ambiental de la Fuerza Aérea .....   | 68        |
| 5.5 Análisis de las oportunidades de ahorro .....  | 69        |
| 5.5.1 Reemplazar las unidades de climatización de eficiencia estándar por<br>alta eficiencia (EER $\geq$ 16).....                  | 69        |
| 5.5.2 Sustituir el sistema de iluminación estándar por tecnología LED.....   | 74        |
| 5.5.3 Instalar un sistema de paneles fotovoltaicos de inyección directa para<br>suplir el consumo eléctrico del edificio # 1 ..... | 78        |
| <b>VI. Conclusiones.....</b>   | <b>82</b> |
| <b>VII. Recomendaciones.....</b>   | <b>83</b> |
| <b>VIII. Bibliografía .....</b>  | <b>84</b> |

## Índice de Tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Distribución general de consumos energéticos.....                       | 37 |
| Tabla 2. Datos de Facturación.....   | 38 |
| Tabla 3. Consumo de energía eléctrica Mayo 2014 – Abril 2015 .....               | 39 |
| Tabla 4. Demanda por equipos de climatización .....                              | 44 |
| Tabla 5. Consumo de energía eléctrica por unidad de aire acondicionado           | 46 |
| Tabla 6. Cálculo de EER para los Aires Acondicionados .....                      | 47 |
| Tabla 7. Potencia instalada y Consumo por iluminación.....                       | 49 |
| Tabla 8. Representación de los niveles de iluminación.....                       | 51 |
| Tabla 9. Consumo energético por equipos de práctica. ....                        | 52 |
| Tabla 10. Consumo energético por otros equipos. ....                             | 53 |
| Tabla 11. Demanda por Climatización edificio # 2.....                            | 56 |
| Tabla 12. Consumo de energía eléctrica por unidad de aire acondicionado<br>..... | 57 |
| Tabla 13. Cálculo de la Relación de Eficiencia Energética .....                  | 58 |
| Tabla 14. Potencia instalada y Consumo por iluminación.....                      | 60 |
| Tabla 15. Análisis de los niveles de iluminación .....                           | 61 |
| Tabla 16. Demanda de potencia y consumo por computadoras. ....                   | 62 |
| Tabla 17. Consumo energético por otros equipos .....                             | 63 |
| Tabla 18. Balance de energía edificio #2 .....                                   | 65 |
| Tabla 19. Balance de energía total .....   | 67 |
| Tabla 20. Producción de CO2 por mes .....  | 68 |
| Tabla 21. Unidades de Climatización Eficiencia Estándar .....                    | 70 |
| Tabla 22. Unidades de Climatización situación Futura .....                       | 71 |
| Tabla 23. Resumen de la opción de mejora # 1 .....                               | 73 |
| Tabla 24. Índice de Rentabilidad para la propuesta de mejora 1.....              | 73 |
| Tabla 25. Tecnología de iluminación eficiencia estándar .....                    | 74 |
| Tabla 26. Tecnología LED situación futura .....                                  | 75 |
| Tabla 27. Resumen de la opción de mejora # 2 .....                               | 77 |
| Tabla 28. Índice de Rentabilidad para la propuesta de mejora # 2.....            | 77 |
| Tabla 29. Resumen de la opción de mejora # 3 .....                               | 79 |
| Tabla 30. Índice de rentabilidad para la opción de mejora # 3 .....              | 79 |
| Tabla 31. Factibilidad de la Inversión .....                                     | 80 |

## Índice de Gráficos

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Gráfico 1. Consumo energético registrado en el periodo de análisis .....</b>                     | <b>40</b> |
| <b>Gráfico 2. Comportamiento de la demanda de potencia.....</b>                                     | <b>41</b> |
| <b>Gráfico 3. Comportamiento del factor de potencia.....</b>  | <b>42</b> |
| <b>Gráfico 4. Representación de la Curva monótona.....</b>  | <b>45</b> |
| <b>Gráfico 5. Representación porcentual del consumo de energía eléctrica por<br/>área.....</b>      | <b>48</b> |
| <b>Gráfico 6. Consumo de energía eléctrica por iluminación por área .....</b>                       | <b>50</b> |
| <b>Gráfico 7. Representación del Balance de Energía. ....</b>                                       | <b>55</b> |
| <b>Gráfico 8. Representación del consumo energético por área. ....</b>                              | <b>59</b> |
| <b>Gráfico 9. Balance de energía del edificio # 2.....</b>  | <b>66</b> |
| <b>Gráfico 10. Balance de Energía Total.....</b>  | <b>67</b> |
| <b>Gráfico 11. Ahorro durante 15 años pagando la inversión total .....</b>                          | <b>81</b> |
| <b>Gráfico 12. Comportamiento de la demanda de potencia por climatización<br/>edificio #1 .....</b> | <b>85</b> |
| <b>Gráfico 13. Ahorro por energía solar .....</b>   | <b>85</b> |

## I. Introducción

La eficiencia energética se vincula al funcionamiento del sistema energético y en un sentido más amplio al proceso de desarrollo del país, en la medida en que las políticas y medidas orientadas a aumentar la eficiencia energética permiten la satisfacción de los requerimientos de la sociedad al menor costo económico, energético y ambiental posible. Esta no consiste en reducir el consumo energético sino en utilizar la energía de manera más racional conforme a su condición de escasez y al carácter no renovable de algunas de sus fuentes de generación.

En términos generales, el uso eficiente de la energía representa importantes beneficios para el país, ya que no solo permite mejorar la competitividad de las empresas productoras de bienes y servicios, al aumentar la eficiencia de sus procesos y disminuir sus costos de producción, sino, además, contribuye a que las personas puedan asignar de modo más eficiente sus recursos en materias de consumo, especialmente de las personas de menores ingresos, las que destinan una mayor proporción de los mismos a la compra de bienes y servicios energéticos. De esta manera, las políticas de uso eficiente de la energía contribuyen a la preservación de los recursos naturales energéticos, a la reducción de las emisiones contaminantes, además de promover la competitividad del país y favorecer la equidad social.<sup>1</sup>

El ahorro de cualquier energía y su uso racional inevitablemente presupone la aplicación y control de un programa confeccionado para ese fin, pero dicho programa no se elabora de forma empírica, si no a partir de métodos o procedimientos técnicamente fundamentados, es decir que debe estar

---

<sup>1</sup> Fuente: [http://www2.eie.ucr.ac.cr/~jromero/sitio-TCU-oficial/normativa/archivos/USO\\_EFICIENTE\\_ENERGIA.pdf](http://www2.eie.ucr.ac.cr/~jromero/sitio-TCU-oficial/normativa/archivos/USO_EFICIENTE_ENERGIA.pdf)

sustentado por las auditorías energéticas que permiten identificar a cada lugar que se apliquen (industrias, centros de servicio, etc.) la eficiencia y la responsabilidad con que es utilizada la energía de cualquier tipo.

Las auditorías energéticas se basan en una inspección, estudio y análisis de los flujos de energía en un edificio, proceso o sistema con el objetivo de comprender la energía dinámica del sistema bajo estudio. Normalmente las auditorías energéticas se llevan a cabo para buscar oportunidades para reducir la cantidad de energía consumida, manteniendo y mejorando al mismo tiempo el confort higrotérmico, la salubridad y la seguridad.

Es por esto que **La Fuerza Aérea** ha mostrado una política decidida de apoyo a las actividades que contribuyan al desarrollo del país, para lo cual ha decidido emprender un programa de ahorro energético en las instalaciones que ellos consideran son los más consumidores, como lo son el edificio # 1 y 2.

El presente trabajo tiene el objetivo de facilitar las herramientas metodológicas y de cálculos necesarios para realizar una auditoría de eficiencia energética en las instalaciones de la Fuerza Aérea cuyos resultados estén dirigidos ah:

- Identificar posibilidades de ahorro en el consumo de energía eléctrica.
- Establecer un plan de medidas técnicas, económicas y ambientales de las opciones generadas en la auditoría.
- Recomendar inversiones de cambios de equipos que presenten un gran consumo de energía, por otros que tengan mayor eficiencia energética.
- Contribuir a que el consumo de portadores de energía disminuyan su actual carga contaminante del medio ambiente.

## II. Objetivos

### 2.1 Objetivo General

Evaluar el uso de la energía eléctrica en las áreas 1 y en el edificio 2 con el objetivo de proponer opciones de mejora en el uso eficiente y eficaz de los recursos energéticos para reducir los costos operativos de la institución.

### 2.2 Objetivos Específicos:

- Realizar el levantamiento arquitectónico de la planta para establecer el censo base de la superficie de la institución.
- Realizar las mediciones puntuales de parámetros eléctricos de cada uno de los equipos.
- Determinar el consumo de energía de cada uno de los equipos para realizar balance general de energía de las áreas.
- Evaluar la eficiencia de los equipos consumidores de energía eléctrica en los procesos involucrados para la determinación de las alternativas de optimización.
- Realizar la evaluación de factibilidad técnica y económica de las medidas de ahorro y conservación energética así como las medidas de administración de carga, para determinar su viabilidad de implementación

### III. Justificación

En la institución se han construido nuevos edificios como es el edificio 1, el cual fue construido en 2014, este edificio posee grandes máquinas y equipos eléctricos el cual consumen mucha energía eléctrica debido al tiempo en que pasan en uso.

Por este motivo la institución se ha preocupado por aprovechar al máximo el uso eficiente de la energía eléctrica y tener un control adecuado del uso racional de la energía eléctrica. Se ha realizado esta auditoría de eficiencia energética con el principal objetivo de proponer opciones de mejora en el uso eficiente y eficaz de los recursos energéticos, además de fomentar, promover y adoptar el hábito de ahorro de energía entre todo el personal que conforman a la institución.

Así de esta manera, dicha entidad se estará beneficiando de manera económica y a la vez aportando a la reducción del impacto ambiental que se genera por el uso irracional de la energía lo que también se traduce en un beneficio para la comunidad.

## IV. Marco Teórico

### 4.1 Generalidades

#### 4.1.1 Auditoría Energética:

Una auditoría energética se conceptualiza como una inspección, estudio y análisis de los flujos de energía en un edificio, proceso o sistema con el objetivo de comprender la energía dinámica del sistema bajo estudio. Normalmente una auditoría energética se lleva a cabo para buscar oportunidades para reducir la cantidad de energía consumida, manteniendo y mejorando al mismo tiempo el confort higrotérmico, la salubridad y la seguridad.<sup>2</sup>

#### 4.1.2 Objetivos de las Auditorías Energéticas:

- Obtener un conocimiento fiable del consumo energético y su costo asociado.
- Identificar y caracterizar los factores que afectan al consumo de energía.
- Detectar y evaluar las distintas oportunidades de ahorro, mejora de la eficiencia y diversificación de energía y su repercusión en costo energético y de mantenimiento, así como de otros beneficios y costos asociados.
- Disminuir el consumo de energía sin afectar los niveles de operación en la institución.
- Obtener los balances energéticos de las instalaciones consumidoras de energía.

Se trata por tanto, de una potente herramienta para la realización de mejoras en cualquier institución atendiendo a criterios de eficiencia energética, midiendo los distintos flujos eléctricos, registrar las condiciones de operación de equipos,

---

<sup>2</sup> Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Auditor%C3%ADa\\_energ%C3%A9tica](http://es.wikipedia.org/wiki/Auditor%C3%ADa_energ%C3%A9tica)

maquinarias, instalaciones y procesos; efectuar balances de energía; para así determinar los potenciales de ahorro.<sup>3</sup>

### 4.1.3 Tipos de Auditorías Energéticas<sup>4</sup>

#### 4.1.3.1 Auditoria Preliminar o de primer grado:

Un diagnóstico energético es una fase previa a la auditoria y su objetivo principal es determinar la conveniencia de realizar una auditoria energética, su alcance y profundidad.

- Realizar una visita a las instalaciones.
- Identificar los principales consumidores energéticos.
- Analizar si se están utilizando las mejores tecnologías.
- Realizar una breve evaluación energética y económica basándose en las facturas de compra de energía y en la producción.
- Optimización de la factura energética. Detectar si los consumos medios de energía y sus precios de compra se encuentran en un rango razonable.
- Realizar un diagnóstico en el que se dictamine el estado energético y definir si es necesario realizar una auditoria energética o es suficiente con el diagnóstico energético.
- Ofrecer unas primeras recomendaciones de ahorro sin cálculos detallados de ahorro o inversión.

---

<sup>3</sup> Fuentes: <http://www.igse.es/eficiencia-energetica/auditoria-energetica/>

<sup>4</sup> Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Auditor%C3%ADa\\_energ%C3%A9tica](http://es.wikipedia.org/wiki/Auditor%C3%ADa_energ%C3%A9tica)

#### 4.1.3.2 Auditoría General o de segundo grado:

La auditoría general se hace luego de hacer preliminarmente el diagnóstico energético, recopila información más detallada sobre la instalación y operación de realizar una evaluación más exacta de medidas de conservación de energía. Facturas de servicios públicos se recogen por 12 a 36 meses para permitir que el auditor pueda evaluar la instalación, la demanda de energía y las tasas de uso según perfiles de energía.

Este tipo de auditoría requiere de un análisis detallado de los registros históricos de las condiciones de operación de los equipos, lo que incluye la información sobre volúmenes manejados o procesados y los consumos específicos de energía.

#### 4.1.3.3 Auditoría de tercer grado.

En la mayoría de las empresas los ajustes o actualizaciones a una instalación energética deben competir por la financiación con capital no relacionados con las inversiones en energía. Tanto la energía consumida y la energía a ahorrar deben ser evaluados con un criterio financiero y para esto en los proyectos de mejoramiento y eficiencia energética se utiliza la tasa de retorno de la inversión (TIR) para evaluar la conveniencia de la inversión. El ahorro proyectado de funcionamiento de la aplicación de proyectos de energía debe desarrollarse de tal manera que proporcione un alto nivel de confianza.

Esta última fase de auditoría, se basa en la relación que existe entre la inversión que debe hacer la institución para sustituir los equipos existentes, por otros que sean más eficientes en el consumo de energía y si a corto o a largo plazo esta inversión se verá reflejada en un menor costo de energía; garantizando que la inversión inicial sea recuperada.

Nuestra investigación será una Auditoría de segundo grado ya que comenzaremos a hacer dicho estudio a partir de la recopilación de las facturas energéticas de 12 meses atrás para comparar el consumo de energía de antes con el actual, recopilando todos los datos necesarios como lo son mediciones de voltajes, cantidad de equipos utilizados, horas de uso, etc.

#### 4.1.4 Metodología de una auditoria en eficiencia energética<sup>5</sup>

- Obtención de datos de consumo de energía brindada por la institución; entrevistas al personal que labora en la institución.
- Recolección de datos mediante mediciones eléctricas, de temperatura y luminosidad, utilizando los equipos de mediciones adecuados.
- Análisis de los datos obtenidos, para identificar los edificios o locales que representan el mayor consumo energético.
- Determinar las oportunidades de mejorar el consumo de energía.
- Evaluar económicamente si la institución puede invertir en la sustitución de equipos.
- Elaborar una guía o propuesta para obtener una mayor eficiencia.
- Conclusiones y recomendaciones.

---

<sup>5</sup> Fuente: [http://www.edutecne.utn.edu.ar/energia\\_ure\\_mendoza\\_2012/09-metodologias-FRM.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/energia_ure_mendoza_2012/09-metodologias-FRM.pdf)

#### 4.1.5 Tipos de información requeridas en una auditoría energética

##### **Información operativa:**

Manuales de operación de los equipos consumidores y generadores de energía y reportes periódicos de mantenimientos. Obtener la bitácora de todas las máquinas y equipos que operan dentro de la institución.

##### **Información energética:**

Balances de materia y energía, series de consumo histórico de energía. Información sobre fuentes alternas de energía

##### **Información económica:**

Series estadísticas de productos, ventas y costos de producción.

##### **Información política:**

Catálogos de precios de productos elaborados, tarifas eléctricas, normalización del consumo de electricidad.

#### 4.1.6 Material necesario para la realización de auditorías energéticas

El equipo de trabajo debe disponer de diferentes equipos y herramientas, algunos de ellos fundamentales y otros complementarios, pero de utilidad, con el objetivo de ejecutar una auditoría energética fiable y completa. Entre los instrumentos que se necesitan están:

- Temperatura (termómetro de vidrio, psicrómetro, pirómetros, hidrómetro, etc.)

- Flujo (flujómetro, medidor de orificios, tubo de Pitot y manómetros, etc.)
- Presión (manómetros)
- Análisis de electricidad (amperímetro de gancho, analizador de potencia, etc.)
- Niveles de iluminación (luxómetro)
- Otras herramientas de uso común (cintas métricas, destornilladores, alicates, tijeras, etc.)

#### 4.1.7 Elaboración del Balance de Energía<sup>6</sup>

Para el balance de energía es necesario:

1. Definición clara de los límites de cada sistema a analizar, con determinación precisa de los equipos y componentes principales.
2. Toma de datos del funcionamiento de los equipos y componentes principales. Estos se contrastan con los valores obtenidos al realizar la puesta en marcha para tener la certeza de que las condiciones de cada sistema son las exigidas.
3. Determinación de la calidad energética de los equipos y componentes, examinando la posibilidad de modificación de los mismos o mejora de sus especificaciones.
4. Recopilación de los valores globales de los consumos energéticos mensuales, referidos a varios sistemas o al conjunto de ellos. Estas fuentes de información son las facturas eléctricas.
5. Estimación de las horas de funcionamiento mensual en las distintas condiciones de carga que se habrán detectado al realizar la toma de datos. Estas horas de funcionamiento sirven para calcular los consumos energéticos anuales de los distintos equipos y componentes.
6. Los diferentes equipos y componentes se ordenan de modo lógico y por grupos homogéneos o funcionales (por ejemplo, unidades de aire acondicionado, luminarias, equipos de cómputo, etc.), de tal modo que se

---

<sup>6</sup> Fuente: Monografía de Auditoría Energética en las Instalaciones del Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios. Pag#11

obtenga un análisis de cada uno de ellos con sus respectivas gráficas de consumo anual.

7. Se contrastan todas las gráficas de los grupos, con el comportamiento global obtenido en (4).
8. Observando las diferencias entre las gráficas en (7) se modifican las hipótesis hechas en (5) hasta conseguir una correcta coincidencia con la realidad.
9. Las hipótesis modificadas dan idea de cuáles pudieron ser las mejoras energéticas a introducir en el funcionamiento de los sistemas.
10. Después de esto se pueden emprender estudios de modificación de los sistemas.
11. Se concluye el balance energético, con un análisis económico de energía a obtener con las modificaciones propuestas, y se comprueba su rentabilidad económica.

Al terminar el balance energético, por otra parte se recogen todos los aspectos que suponen carencias de la instalación o defectos de diseño, que originan un mayor gasto energético, y como tales resultan factibles de reforma y mejora, por ejemplo:

- Malas condiciones de los edificios (falta de aislamiento, locales abiertos, etc.)
- Mal ubicación de los equipos consumidores (mala ubicación del aire acondicionado, mala posición de las lámparas, etc.)
- Equipos funcionando innecesariamente
- Mal horario de operación de los equipos (por ejemplo, todos los aires acondicionados se encienden al mismo tiempo).
- Todo esto mencionado anteriormente se suma a la falta de mantenimiento de los equipos y conservación de las instalaciones, que como consecuencia trae que los equipos operen de mala eficiencia y por ende consuman más energía eléctrica.

#### 4.1.8 Evaluación técnica de las medidas de ahorro<sup>7</sup>

Para las medidas de ahorro en una auditoría, se realizan siempre considerando los siguientes aspectos:

- Que se mantenga la calidad del producto (en caso de que sean instituciones o empresas de servicio, por ejemplo en una institución, el producto final son el personal graduado)
- Que siempre haya disponibilidad de los equipos y las instalaciones.
- Que no genere residuos, lo que implica contaminación.
- Que no afecte negativamente la seguridad de la empresa, industria o institución.
- Que no interrumpa las horas laborales de la institución.

#### 4.1.9 Estudios de los indicadores energéticos<sup>8</sup>

Los indicadores energéticos son parámetros absolutos y relativos que permiten conocer el estado del Edificio desde un punto de vista energético por comparación con los correspondientes a otros edificios similares o su evolución en el tiempo.

##### **Los indicadores absolutos suelen ser:**

- Ocupación máxima, superficie, altura, etc. del edificio.
- Potencias totales instaladas en cada sistema.
- Consumos totales de cada una de las energías.
- Horas de funcionamiento al año, etc.

---

<sup>7</sup> Fuente: Monografía de Auditoría Energética en las Instalaciones del Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios. Pag#11

<sup>8</sup> Fuente: <http://www.euresp-plus.net/sites/default/files/resource/Manual%20procedimiento%20auditor%C3%ADas%20energ%C3%A9t%20I.PDF>

### **En cuanto a los indicadores relativos:**

- Potencias instaladas en cada sistema por unidad de superficie del edificio.
- Consumo de cada una de las energías por unidad de superficie del edificio.
- Consumo en cada ciclo de operación de una determinada actividad, etc.

Las cantidades de referencia más usuales son: energía consumida por metro cuadrado en áreas de oficinas, capacidad térmica necesaria por número de personas y área construida, etc. Por ejemplo: en las instalaciones comerciales como oficinas, escuelas y edificios administrativos se utiliza el índice de consumo de energía por metro cuadrado de piso acondicionado.

Estos indicadores deben de ser analizados para determinar si el consumo específico de energía se ha incrementado o ha disminuido, para conocer las posibles razones por el cual se debe ese incremento o disminución, para así buscar las posibles soluciones.

#### **4.1.10 Medición y Parámetros de consumo de energía eléctrica**

La **Energía eléctrica** es causada por el movimiento de las cargas eléctricas en el interior de los materiales conductores.

Como sabemos la energía eléctrica es una de las formas de energía más empleada en la vida cotidiana, esta puede ser conducida de un lugar o de un objeto a otro. Eso mismo ocurre con la electricidad pues a través de un elemento conductor, la energía fluye y llega a nuestras viviendas (televisores, lámparas, refrigeradores, y demás equipos electrónicos).

#### 4.1.11 Electricidad

En términos sencillos la electricidad es el movimiento de electrones, explicado de otra manera algunos materiales están compuestos por átomos que pierden fácilmente sus electrones, y estos pueden pasar de un átomo a otro, debido a este constante movimiento se crea una corriente eléctrica. Su unidad de medida es el amperio (A).

Para controlar el consumo de energía eléctrica, es conveniente disponer de un equipo de medición de parámetros eléctricos, que permita monitorear la curva de carga de la institución, conocer el comportamiento de los transformadores y de los principales quipos o circuitos internos de manera que facilite el análisis eléctrico. Los equipos de medición básicos son: vatímetro, potenciómetro, amperímetro de gancho, entre otros.

##### 4.1.11.1 Factores que implican un mayor consumo de energía eléctrica

El ahorro de energía comienza desde la selección apropiada de los equipos, siempre existe uno adecuado a las necesidades, como son: las condiciones ambientales, operación, arranque, velocidad, tamaño y potencia. Los mayores ahorros de energía eléctrica se obtienen cuando el equipo y su carga operan a su máxima eficiencia.<sup>9</sup>

##### 4.1.11.2 Factura eléctrica

La factura eléctrica cambia en dependencia de la tarifa a la cual esté sujeta la institución. La tarifa eléctrica son los precios que se aplican al consumo de energía eléctrica, que se dan a través de un contrato de la empresa eléctrica y el consumidor.

---

<sup>9</sup> Fuente: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/AhorroyUsoEficdeEnergiaElec2daEdic.pdf>

Entre las tarifas que ofrece el Instituto Nicaragüense de Energía (INE) se encuentran las tarifas de baja tensión (120, 240, 480 voltios) y las de media tensión (. Dentro de estas dos tarifas existen las categorías de: tarifas monomías y las tarifas binomías.<sup>10</sup>

#### **4.1.11.3 Tarifas Monomías:**

Son las que se pagan solamente por los kWh de energía consumida en el periodo de facturación.

#### **4.1.11.4 Tarifas Binomías:**

Se paga por los kWh de energía consumida y por los kW de demanda máxima. La demanda máxima es la suma de las potencias de los equipos eléctricos registrada en cualquier periodo del tiempo de facturación, cabe mencionar que el medidor registra cada 15 minutos la demanda de la empresa en ese instante y al final del mes se cobra la factura en base a la mayor demanda de potencia registrada.

#### **4.1.11.5 Composición de la factura eléctrica:**

Los componentes de la factura eléctrica son:

1. Consumo de energía
2. Demanda de potencia
3. Factor de potencia (según la tarifa contratada)
4. Comercialización
5. Regulación INE
6. Alumbrado público

---

<sup>10</sup> Fuente: <http://www.ine.gob.ni/oaip/ajustetarifarios/2013/INE-CD-004-06-2013.pdf>

## 7. IGV (impuesto)

### 4.1.11.5.1 Consumo de energía:

Este consumo se puede reducir evitando operar equipos cuando estos no sean necesarios, seleccionando equipos de alta eficiencia, disminuyendo el tiempo de operación de los mismos, etc.

$$C_e = P * h * N$$

*C<sub>e</sub>: Consumo energético*

*P: Potencia en kW*

*h: horas uso*

*N: cantidad de equipos*

### 4.1.11.5.2 Demanda de potencia:

Es la carga en kW solicitada a la fuente de suministro en el punto de recepción en un momento determinado. Se puede reducir mediante una programación regulada de la operación de los equipos eléctricos.

### 4.1.11.5.3 Factor de potencia:

Es el factor de aprovechamiento del consumo de energía eléctrica en trabajo útil o fuerza mecánica, es decir es el cociente de la potencia activa (kW) entre la potencia aparente (kVA).

El factor de potencia puede tomar valores de 0 a 1, el valor mínimo recomendable según INE es del 0.85, cuando se tiene un valor superior a 0.85, se aplica una bonificación por parte de la compañía suministradora, mientras que

un porcentaje menor significa energía que se desperdicia y la empresa aplica un cargo.

El llamado triángulo de potencias es la mejor forma de ver y comprender de forma gráfica qué es el factor de potencia o coseno de “fi” ( $\text{Cos } \phi$ ) y su estrecha relación con los restantes tipos de potencia presentes en un circuito eléctrico de corriente alterna.



Como se podrá observar en el triángulo de la ilustración, el factor de potencia o coseno de “fi” ( $\text{Cos } \phi$ ) representa el valor del ángulo que se forma al representar gráficamente la potencia activa ( $P$ ) y la potencia aparente ( $S$ ), es decir, la relación existente entre la potencia real de trabajo y la potencia total consumida por la carga o el consumidor conectado a un circuito eléctrico de corriente alterna. Esta relación se puede representar también, de forma matemática, por medio de la siguiente fórmula:<sup>11</sup>

$$\text{cos}\phi = \frac{P}{S}$$

Donde:

$\text{Cos}\phi$ : factor de potencia

$P$ : Potencia activa (kW)

$S$ : Potencia aparente (kVA)

<sup>11</sup> Fuente: [http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke\\_factor\\_potencia/ke\\_factor\\_potencia\\_4.htm](http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_factor_potencia/ke_factor_potencia_4.htm)

#### 4.1.11.6 Consecuencias de un bajo factor de potencia

Un bajo factor de potencia, reduce la eficiencia en los equipos eléctricos y causa efectos negativos, como son:

- Aumento en la intensidad de corriente.
- Caída de voltaje.
- Sobrecargas en transformadores, generadores y líneas de distribución.
- La temperatura en cable aumenta ocasionando pérdidas por efecto Joule.
- Aumento en las facturas por el consumo de electricidad.

#### 4.1.11.7 Beneficios de corregir el factor de potencia<sup>12</sup>

Cuando el factor de potencia se corrige, se logran ahorros y beneficios, como son:

- Se elimina el cargo por bajo factor de potencia.
- Se reducen las caídas de tensión.
- Disminuyen las pérdidas por efecto joule ( $I^2 R$ ) en transformadores, cables y otros equipos.
- Ayuda a estabilizar el voltaje del sistema.
- Se incrementa la vida útil de equipos e instalaciones.

Los excesivos consumos de energía reactiva pueden ser compensados con Capacitores. Estos son elementos eléctricos que instalados correctamente y con el valor adecuado, compensan la energía reactiva necesaria requerida por la instalación interior, elevando el factor de potencia por sobre los valores exigidos.

---

<sup>12</sup> Fuente: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/AhorroyUsoEficdeEnergiaElec2daEdic.pdf>

#### 4.1.12 Sistema de Climatización

La climatización consiste en 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 a la conservación de las cosas (equipos, ,maquinas, etc.)<sup>13</sup>

El acondicionamiento de aire es un proceso que requiere del consumo de una cantidad apreciable de energía, alcanzando costos muy significativos. Por esta razón, es de los sistemas que más control y mantenimiento requieren. En la industria en muchos casos se observa operar un equipo de climatización bajo condiciones muy desfavorables que incrementan su consumo de energía. El usuario normalmente está más interesado en mantener las temperaturas requeridas, que el estado de operación de los equipos o del costo de la producción.

El propósito de un sistema de acondicionamiento de aire es tratar el aire para lograr controlar condiciones de humedad, temperatura, pureza y ventilación, con el fin de proporcionar ambiente confortable a las personas y adecuado a máquinas y materiales cuyas condiciones de operación y conservación así lo exijan.

---

<sup>13</sup> Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Climatizaci%C3%B3n>

#### 4.1.12.1 Elementos claves para el uso racional de energía

Existen diferentes estrategias para obtener un ahorro energético en los sistemas de acondicionamiento de aire. Se establecen cuatro elementos claves que deben verificarse, tanto en el sistema de acondicionamiento de aire propiamente dicho, como en el local que se acondiciona, los cuales son:

1. Asegurar una operación adecuada.
2. Reducir la demanda y controlar la carga.
3. Reducir las pérdidas por control de los dispositivos de distribución y del sistema.
4. Ahorrar y recuperar energía.

En la siguiente tabla se muestran esquemáticamente estos elementos, dando recomendaciones generales para una mejor operación del sistema.<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> Fuente: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Tecnologias/climatizacion.pdf>

| 1. Asegurar una operación adecuada |  |  |   |
|------------------------------------|--|--|---|
| Elemento clave                     | ¿Qué hay que verificar?  | ¿Cómo se verifica?   | Mantenimiento   |
| <b>Sistema de A-A</b>              | La totalidad del sistema y sus componentes   | <b>Registrar:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperaturas</li> <li>• Humedad</li> <li>• Presión</li> <li>• Volumen de aire.</li> </ul> <b>Prueba operacional:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Condiciones del flujo.</li> <li>• componentes mecánicos.</li> <li>• controles.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar filtros y rejillas de las unidades manejadoras, componentes, tuberías y ductos.</li> <li>• Reemplazar las partes defectuosas.</li> <li>• Recargar y presurizar agua y sistema refrigerante.</li> <li>• Aplicar medidas de mantenimiento continuo.</li> </ul> |
| <b>Local Acondicionado</b>         | Uso y función de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuartos</li> <li>• Componentes</li> </ul> | Prueba visual y operativa de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Puertas.</li> <li>• Ventanas.</li> <li>• persianas.</li> </ul>  | Cerrar y/o sellar: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Puertas.</li> <li>• Ventanas.</li> <li>• Cortinas.</li> <li>• aberturas y fugas.</li> </ul>   |

| 2. Reducir demanda y controlar carga |   |  |   |
|--------------------------------------|---|--|---|
| Elemento clave                       | ¿Qué hay que verificar?   | ¿Cómo se verifica?   | Mejoras   |
| <b>Sistema de A-A</b>                | Comparar el desempeño con los requisitos de: Temperatura, tasa de flujo, cambio de aire, presión.   | Estableciendo los requerimientos mínimos y comparándolos con los registros y rangos actuales | Cambiar los rangos operativos para satisfacer los nuevos requerimientos.  |
| <b>Local Acondicionado</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tamaño y uso de los cuartos.</li> <li>• Localización de los cuartos.</li> <li>• Exposición</li> <li>• Ventanas y vidrios.</li> </ul> | Estableciendo los requerimientos mínimos y comparándolos con la situación actual.            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reorganizar los cuartos para reducir el consumo de energía.</li> <li>• Cambio de luminarias incandescentes.</li> </ul> |

### 3. Reducir pérdidas por control de los dispositivos de distribución y del sistema

| Elemento clave             | ¿Qué hay que verificar?   | ¿Cómo se verifica?  | Mejoras  |
|----------------------------|---|---|--|
| <b>Sistema de A-A</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aislamiento apropiado de los componentes y tuberías, partes que causan pérdidas evitables.</li> <li>• Partes que pueden ser omitidas.</li> </ul> | Supervisión y chequeo estimando las pérdidas, comparando las diferentes modificaciones. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reemplazo del aislamiento.</li> <li>• Aislamiento inadecuado o dañado.</li> <li>• Eliminar las partes puntiagudas.</li> </ul>               |
| <b>Local Acondicionado</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aislamiento del techo y las paredes.</li> <li>• Cortinas</li> </ul>  | Termografía   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminar puntos de fugas.</li> <li>• Reemplazar el aislante inadecuado o dañado.</li> <li>• Pintar el techo y paredes en blanco.</li> </ul> |

| 4. Ahorrar y recuperar energía |  |   |  |
|--------------------------------|--|---|--|
| Elemento clave                 | ¿Qué hay que verificar?  | ¿Cómo se verifica?  | Mejoras  |
| <b>Sistema de A-A</b>          | Eficiencia energética del sistema/componentes, dispositivo de ahorro de energía. | Verificando y evaluando: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Condiciones de diseño, consumo de energía.</li> <li>• Sistemas de recuperación de energía.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalar componentes de mayor eficiencia.</li> <li>• Instalar sistemas y unidades de recuperación de energía.</li> <li>• Aplicar control automático.</li> </ul> |

#### 4.1.12.2 Carga de enfriamiento

Es la cantidad neta de calor que retira el equipo de climatización, es decir es la suma de las ganancias de calor. Un local cualquiera está expuesto a diversas fuentes de calor, estas representan ganancias de calor para el local. Estas fuentes de calor pueden provenir desde el exterior del local o desde dentro de este.

Un sistema de aire acondicionado siempre debe ser orientado hacia el ahorro de energía, para esto debe contar con equipos eficientes, usos de combustibles económicos o fuentes de energía alternativas, operados correctamente, mediante temperaturas, velocidad de distribución de fluido, tiempos de utilización y sistemas de control óptimos.

#### 4.1.12.3 Mejoras Energéticas en el sistema de climatización<sup>15</sup>

- Emplear motores eléctricos de potencia adecuada a la demanda de energía. Los motores muy sobre dimensionados trabajan con rendimientos bajos haciendo que el consumo energético sea mayor.
- Apagar los equipos de acondicionamiento de aire en las áreas desocupadas.
- Estudiar y optimizar las horas de puesta en marcha y paro de los sistemas.
- Disminuir el caudal del aire impulsado por los ventiladores siempre que las prestaciones no queden disminuidas.
- Disminuir las fugas de gas en los conductos.
- Añadir aislamientos térmicos en los techos falsos o muros.
- En las ventanas, instalar vidrio reflectante o láminas plásticas reflectantes para disminuir la ganancia de calor por radiación solar en los espacios refrigerados.
- En el caso de puertas de doble hoja, evitar al máximo la separación.

---

<sup>15</sup> Fuente: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Tecnologias/climatizacion.pdf>

- En los espacios acondicionados disminuya en lo posible la carga de calor introducida por la excesiva iluminación, por maquinarias o equipos que permanezcan encendidos innecesariamente.
- Por todos los medios posibles favorezca la arborización alrededor de las edificaciones con ello se consigue disminuir la transferencia de calor hacia el interior de las mismas, el resultado será la reducción sensible de las cargas de los acondicionadores de aire.
- Contemple la posibilidad de apagar los equipos de acondicionamiento de aire en oficinas así: Durante las horas de refrigerio. Una hora o media hora antes de la hora de salida.

#### **4.1.13 Sistema de iluminación**

Existen dos fuentes principales de iluminación:

1. La natural que procede del sol
2. La artificial que utiliza la electricidad.

La luz natural es la de mejor calidad, sin embargo, su aprovechamiento está sujeto a factores como horas de luz solar efectivas, época del año, estado del tiempo y construcción de las instalaciones. De hecho, es recomendable que en todas las nuevas edificaciones se considere la aportación de luz natural y su integración con la luz artificial y el acondicionamiento del aire.

La luz artificial es una solución fundamental para las necesidades de iluminación, de modo que su uso generalizado se extiende a los sectores residencial, industrial, comercial y de servicios, donde se puede encontrar una gran variedad de alternativas en los sistemas de iluminación, de acuerdo con los requerimientos de cada uso final.

Aproximadamente un 19% del consumo de energía a nivel mundial está destinado a la iluminación. Este porcentaje es mucho mayor si nos centramos en el consumo de un edificio común donde éste puede llegar incluso hasta el 40%.

La forma de reducir este consumo no es renunciar a la cantidad ni a la calidad de la luz ya que esto afectaría al confort y al bienestar de las personas, sino el uso de sistemas de iluminación más eficientes.

Esta eficiencia dependerá de varios factores. A continuación enumeramos los más importantes:<sup>16</sup>

- **Diseño de la luminaria:**

Tanto el reflector como el cuerpo de la luminaria deben ser diseñados de manera que se maximice su rendimiento y se aproveche la mayor proporción de flujo lumínico, sin olvidar el confort visual y evitar el deslumbramiento molesto.

- **Lámpara utilizada:**

A la hora de escoger el tipo de lámpara a utilizar debemos tener en cuenta su reproducción cromática, su vida útil, su posibilidad de regulación y, sobretodo su eficiencia energética [lumen/Watt]. Algunos tipos de lámparas van etiquetados en relación a su eficiencia, con letras que van des de la A hasta la G.

- **Equipos auxiliares:**

Se limitan las pérdidas máximas que pueden tener los equipos. Mediante diversas directivas, se prohíben equipos electromagnéticos con pérdidas altas o

---

<sup>16</sup> Fuente: <http://www.lamp.es/es/communications/technical-articles/technical-article-3>

moderadas. La tendencia es la completa eliminación de éstos frente a los equipos electrónicos que ofrecen más ventajas y más ahorro energético.

- **Sistemas de regulación y control:**

Utilizando sistemas de regulación en función, por ejemplo, de los horarios de uso de los diferentes espacios, de la aportación de luz natural, o detectores de presencia se puede conseguir un ahorro incluso del 60% de la energía.

- **Aprovechamiento de la luz natural:**

Complementar la luz artificial con la natural, o viceversa, se puede resolver hoy en día con un sistema de regulación de la luz artificial en función de la aportación de luz natural utilizando esta última para conseguir un ahorro energético muy importante en algunos casos.

- **Mantenimiento de la instalación:**

A medida que pasa el tiempo, el rendimiento de la instalación va disminuyendo ya sea por la pérdida de flujo de las lámparas, por el descenso del rendimiento de la luminaria, debido al envejecimiento del reflector o a la acumulación de suciedad en éste. Para evitar en el mayor grado posible esta pérdida de energía sería necesario el diseño de un plan de mantenimiento de la instalación así como un calendario de sustitución de lámparas según su vida nominal, para remplazarlas a pesar de que sigan funcionando ya que a partir de este tiempo definido como vida útil, su flujo disminuye considerablemente.

#### 4.1.13.1 Componentes del sistema de iluminación artificial

Los sistemas de iluminación artificial están compuestos, en su mayoría, por cuatro dispositivos, los cuales son:<sup>17</sup>

- Lámpara
- Balastro
- Luminaria
- Control

##### 4.1.13.1.1 Lámparas:

Es la fuente de luz, puede ser un bombillo incandescente, alógenos, bombillo fluorescente lineal, una lámpara fluorescente compacta (LFC), o una lámpara LED, entre otros.

Las lámparas incandescentes son aparatos que necesitan apantallamiento, pues el filamento de estas lámparas tiene una luminancia muy elevada y pueden producir deslumbramientos.

Las lámparas fluorescentes, se utilizan mucho en oficinas, comercios, industrias, etc. Por su economía y eficiencia luminosa. Así pues, nos encontramos con una gran variedad de modelos que van de lo más simples, a los más sofisticados con sistemas de orientación de la luz y apantallamiento (modelos con rejillas cuadradas o transversales y modelos con difusores).

---

<sup>17</sup> Fuente:

[http://www.alipso.com/monografias4/Eficiencia\\_energetica\\_en\\_iluminacion/Eficiencia\\_energetica\\_en\\_iluminacion\[1\].pdf](http://www.alipso.com/monografias4/Eficiencia_energetica_en_iluminacion/Eficiencia_energetica_en_iluminacion[1].pdf)

Las lámparas **LED**, son lámpara de estado sólido que usan ledes (Light-Emitting Diode, Diodos Emisores de Luz) como fuente luminosa. Debido a que la luz capaz de emitir un led no es muy intensa, para alcanzar la intensidad luminosa similar a las otras lámparas existentes como las incandescentes o las fluorescentes compactas, las lámparas LED están compuestas por agrupaciones de ledes, en mayor o menor número, según la intensidad luminosa deseada.

Actualmente las lámparas de LED se pueden usar para cualquier aplicación comercial, desde el alumbrado decorativo hasta el de viales y jardines, presentando ciertas ventajas, entre las que destacan su considerable ahorro energético, arranque instantáneo, aguante a los encendidos y apagados continuos y su mayor vida útil, pero también con ciertos inconvenientes como su elevado costo inicial.

#### **4.1.13.1.2 Luminarias**

Las luminarias son aparatos que sirven de soporte y conexión a la red eléctrica a las lámparas. Como esto no basta para que cumplan eficientemente su función, es necesario que cumplan una serie de características ópticas, mecánicas y eléctricas.

Es el equipo que cumple funciones estructurales, estéticas y de control óptico de la luz. Sirve para aumentar la eficiencia lumínica y dirigir el haz de luz. En las lámparas LED el mismo diodo dirige el haz, por lo que sólo se usa con funciones estéticas y de protección.

#### **4.1.13.1.3 Balastros electrónicos**

Son dispositivos que permiten adaptar la corriente de la línea de alimentación a

la corriente necesaria de la lámpara, para mantener su potencia nominal, sin variar el voltaje de la línea.

Debido a que los balastos son vitales para la operación de las lámparas fluorescentes, éstos han tenido un importante desarrollo tecnológico. A través de la historia la mayoría de los balastos han sido electromagnéticos, pero en la actualidad los que ofrecen mejor rendimiento y ahorro eléctrico, son los balastos electrónicos.

#### 4.1.13.1.4 Equipos de control.

Son los dispositivos que controlan el encendido y apagado de las lámparas en forma manual o automática (interruptor). Los equipos de control más usados son:

- Interruptores
- Programadores
- Células fotoeléctricas
- Detectores de presencia
- Reguladores de luz, que varían el sistema luminoso en función de algún sistema de mando.

#### 4.1.13.2 Principales tipos de lámparas<sup>18</sup>

##### 4.1.13.2.1 Incandescentes convencionales:

Es el tipo de lámpara más común, pero energéticamente más ineficiente, ya que ha evolucionado muy poco a través de los años. Este tipo de lámparas tienen

---

<sup>18</sup>

Fuente:[http://www.alipso.com/monografias4/Eficiencia\\_energetica\\_en\\_iluminacion/Eficiencia\\_energetica\\_en\\_iluminacion\[1\].pdf](http://www.alipso.com/monografias4/Eficiencia_energetica_en_iluminacion/Eficiencia_energetica_en_iluminacion[1].pdf)

cualidades que la han hecho muy populares en los últimos 100 años, pero las desventajas que presentan son más que las ventajas.

- **Ventajas:**

Su costo inicial es muy bajo, poseen buena calidad de luz, son fáciles de conseguir y su instalación es muy simple

- **Desventaja:**

Su costo de operación es muy alto, debido a su corta vida y a su bajísima eficiencia. Producen calor excesivo en casi todas las aplicaciones, requiriendo mayor trabajo de la unidad acondicionadora de aire para climatizar el espacio, aumentan notablemente la potencia total y el consumo eléctrico en las instalaciones, además, son muy vulnerables a golpes y variaciones de tensión eléctrica.

#### 4.1.13.2.2 Halógenas

Son lámparas incandescentes mejoradas que tienen una vida más larga que las incandescentes convencionales. En casi todos los casos se usan para iluminación directa de puntos y objetos específicos.

#### 4.1.13.2.3 Fluorescentes lineales.

Son lámparas de tubo de descarga en gas, que consisten en un tubo de vidrio cerrado con gases nobles, fósforo y una pequeña cantidad de mercurio. Se fabrican en potencias que van desde los 4 hasta los 215 vatios y en bulbos de formas diversas (rectos, circulares, en “U”), con diámetros expresados en octavos

de pulgada: 12/8" (T12), 8/8" (T8), 5/8" (T5). Cuanto menor sea el diámetro, mayor es la eficiencia del fluorescente lineal.

- **Ventajas:**

- ✓ Buena eficacia luminosa.
- ✓ Larga duración.
- ✓ Bajo costo de adquisición.
- ✓ Variedad de apariencias de color.
- ✓ Distribución luminosa adecuada para utilización en interiores.
- ✓ Mínima emisión de calor.

- **Desventajas:**

- ✓ Si no se usan equipos electrónicos puede dar problemas, retardo de estabilización, etc.
- ✓ Dificultad de control de temperatura de color en las reposiciones.

#### 4.1.13.2.4 Lámparas fluorescentes compactadas (LFC)

Usan una tecnología similar a la de las fluorescentes lineales y fueron diseñadas originalmente para sustituir a las lámparas incandescentes. Están disponibles desde 3 hasta 120 vatios, con múltiples formas, como las de tubo recto o curvo, bala, ventilador, globo, reflector, espiral, etc.

Éstas tienen la gran ventaja de sustituir directamente a las lámparas incandescentes sin necesidad de ninguna instalación especial y con ahorros de energía de entre 60% y 80%. Además, tienen una vida útil entre 5 y 20 veces mayor que las incandescentes y no producen calor excesivo que sobrecargue los

equipos acondicionadores de aire.

#### 4.1.13.3 ¿Por qué utilizar lámparas eficientes?

La clave de la eficiencia energética en el alumbrado es identificar la cantidad y calidad de iluminación que se necesita en cada uno de los ambientes, tanto interiores como exteriores. Una de las estrategias, para un uso eficiente de los sistemas de iluminación, es apegarse a los niveles de iluminación recomendables de acuerdo con la actividad desarrollada. Las zonas excesivamente iluminadas ofrecen mayores oportunidades de ahorro, mientras que las áreas con niveles bajos deben rediseñarse, buscando un balance entre los niveles de iluminación y el consumo energético.

Una acción que siempre da buenos resultados es eliminar las lámparas de eficiencia baja, por ejemplo, los incandescentes convencionales y fluorescentes T12. También debe evitarse el uso de balastos electromagnéticos y luminarias que cumplieron su vida útil y/o están en mal estado.

Aunque las lámparas más eficientes como las de LED, tienen un costo inicial mayor que las demás, los ahorros de energía son sustanciales y los períodos para recuperar la inversión suelen ser de 1 a 3 años, dependiendo de las horas de uso y la tarifa eléctrica.

Otra ventaja de las lámparas eficientes es su mayor vida útil, entre 5 y 15 veces más que las LFC y fluorescentes y más de 50 veces que las incandescentes convencionales.

#### 4.1.13.4 Eficiencia en sistemas de distribución de electricidad

Las pérdidas eléctricas en los sistemas de distribución interna de electricidad constituyen un consumo importante, pero que no está destinada a satisfacer los requerimientos reales de sus instalaciones productivas o de servicios. La reducción de las pérdidas producto de la selección de los transformadores y conductores, en base a un criterio de eficiencia, y el manejo de reactivos, entre otras medidas, permite disponer de un sistema eficiente de distribución de electricidad.

#### 4.1.14 Análisis de viabilidad económica de las mejoras<sup>19</sup>

Una vez que se tienen seleccionadas las diferentes alternativas de mejora energética, se llevara a cabo su estudio de viabilidad económica. Este estudio servirá para decidir si una mejora se realiza o no, ya que por ejemplo una opción puede que sea técnicamente viable y que suponga una reducción considerable en los consumos, pero que el tiempo de retorno sea muy alto o incluso exceda a la vida útil por lo que lógicamente esta propuesta será rechazada. Para cada una de esas alternativas de ahorro se calculara lo siguiente:

- Costo de la implementación (costo inicial).
- Ahorros energéticos esperados.
- Tiempo de retorno (dinero ahorrado en energía dividido entre la inversión inicial).
- Mejoras de calidad, eficiencia, inconvenientes, otros.

***Ahorro de energía = consumo de energía inicial – consumo de energía con la mejora propuesta.***

---

<sup>19</sup> Fuente: [http://www.edutecne.utn.edu.ar/energia\\_ure\\_mendoza\\_2012/09-metodologias-FRM.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/energia_ure_mendoza_2012/09-metodologias-FRM.pdf)

# V. Análisis de la información

## 5.1 Descripción del consumo de energía

La distribución general del consumo energético de toda la institución durante el periodo de mayo de 2014 a abril del 2015 se muestra reflejada en la siguiente tabla.

**Tabla 1. Distribución general de consumos energéticos**

| <b>Suministro energético</b> | <b>Consumo energético anual (kWh/año)</b> | <b>Costo Energético anual (USD/año)</b> | <b>Costo de la Energía Promedio (USD/KWh)</b> |
|------------------------------|---|---|---|
| <b>Electricidad</b>          | 408,100                                   | 142,771.64                              | 0.35  |

Según la tabla anterior, en el periodo evaluado se ha tenido un costo promedio de energía eléctrica de USD 0.35 por kWh, para un consumo total de 408,100 kWh al año.

## 5.2 Análisis de los suministros energéticos

### 5.2.1 Energía Eléctrica

La institución cuenta con 2 medidores con medición secundaria, para cuantificar el consumo de energía eléctrica suministrado por la distribuidora DISNORTE-DISSUR, en el cual solo uno de dichos medidores (2032735 NIS) es el que registra el mayor consumo de energía eléctrica y en donde estamos haciendo el estudio energético, ya que el otro está destinado específicamente para una área de talleres en donde no es muy usada actualmente.

## 5.2.2 Contratación

La Tarifa a la que está sujeta la institución es T2E MT.GENERAL MAYOR BINOMIA. C M/H, dicha tarifa tiene la siguiente descripción.

**Tabla 2. Datos de Facturación<sup>20</sup>**

| Tipo de Tarifa             | Aplicación   | Descripción                                    | Energía<br>C\$ /kWh | Potencia<br>C\$/kW-<br>mes |
|----------------------------|--|--|---------------------|----------------------------|
|                            |  | Tarifa Binomia con Medición Horario Estacional |                     |                            |
| T2-E General Mayor Binomia | Carga contratada mayor de 25 kW para uso general (Establecimientos comerciales, oficinas públicas y privadas, centro de salud, hospitales, etc.) | Verano punta                                   | 8.3668              |                            |
|                            |  | Invierno Punta                                 | 8.1002              |                            |
|                            |  | Verano fuera de punta                          | 5.7817              |                            |
|                            |  | Invierno fuera de punta                        | 5.5877              |                            |
|                            |  | Verano punta                                   |                     | 840.8845                   |
|                            |  | Invierno Punta                                 |                     | 525.1457                   |
|                            |  | Verano fuera de punta                          |                     | 0.000                      |
|                            |  | Invierno fuera de punta                        |                     | 0.000                      |
| Compañía suministradora    | Distribuidora de Electricidad del Sur S.A  |  |                     |                            |
| Código de cliente          | 2032735  |  |                     |                            |

El tipo de tarifa es T2-E con medición horario estacional, porque su demanda de potencia promedio es de 62 kW o sea mayor que 25 kW que es lo que está estipulado para dicha tarifa.

<sup>20</sup> Tomado del pliego tarifario del Instituto Nicaragüense de Energía (INE) actualizado al mes de agosto de 2015

Esta tarifa es del tipo Binomia con horario estacional, por lo que se le aplica un cargo por demanda máxima, la cual será registrada por el medidor cada 15 minutos aproximadamente durante un laxo de tiempo determinado que es de 6:00 pm hasta las 10:00 pm lo que se conoce como demanda en punta.

### 5.2.3 Consumo eléctrico mensual

A continuación, se presenta el consumo de energía eléctrica del periodo de mayo de 2014 a abril de 2015.

**Tabla 3. Consumo de energía eléctrica Mayo 2014 – Abril 2015**

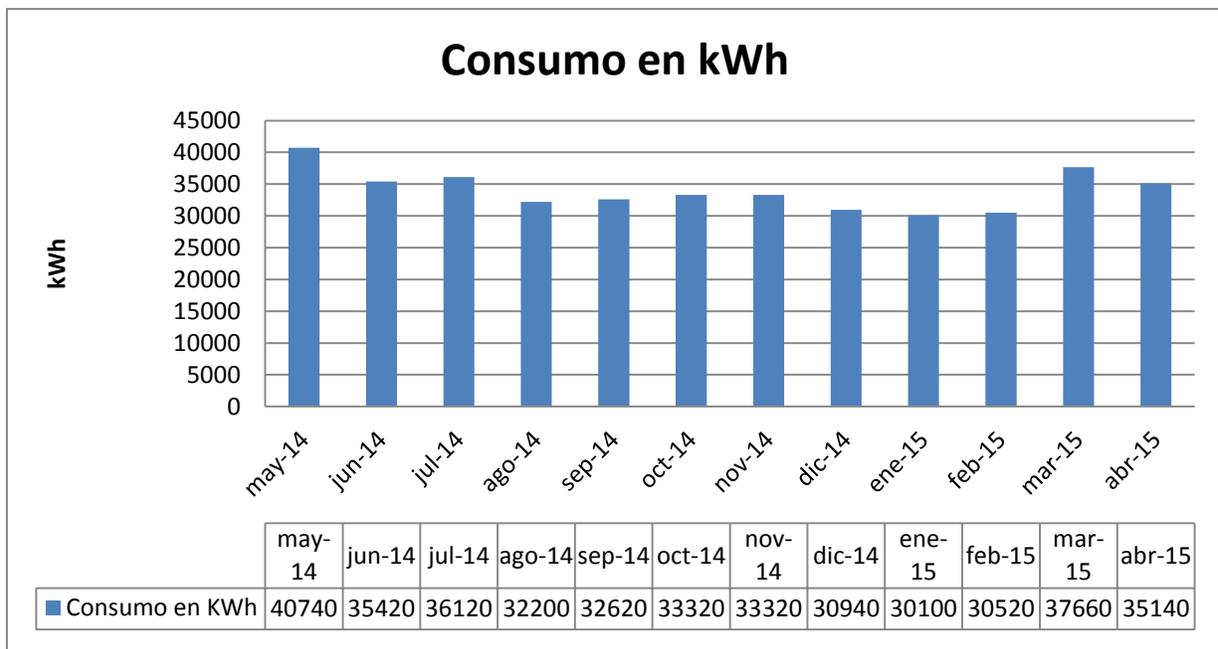
| Consumo Histórico de Energía Eléctrica |                 | Tarifa         | T2-E                | NIS                      | 2032735           |                     |                           |
|--|-----------------|----------------|---------------------|--------------------------|-------------------|---------------------|---------------------------|
| Mes facturado                          | Días facturados | Ce kWh mes     | Ce promedio kWh/día | Demanda de Potencia (KW) | Total a pagar C\$ | Total a pagar, US\$ | Tipo de cambio C\$/US\$   |
| may-14                                 | 31              | 40740          | 1314.19             | 62                       | 367,091.37        | 12,402.68           | 25.76                     |
| jun-14                                 | 30              | 35420          | 1180.67             | 59                       | 297,349.62        | 14,049.76           | 25.87                     |
| jul-14                                 | 31              | 36120          | 1165.16             | 67                       | 309,973.81        | 13,250.79           | 26                        |
| ago-14                                 | 31              | 32200          | 1038.71             | 60                       | 307,408.50        | 11,773.59           | 26.11                     |
| sep-14                                 | 31              | 32620          | 1052.26             | 46                       | 272,750.82        | 11,415.68           | 26.22                     |
| oct-14                                 | 30              | 33320          | 1110.67             | 63                       | 290,777.18        | 11,635.04           | 26.32                     |
| nov-14                                 | 30              | 33320          | 1110.67             | 53                       | 285,138.42        | 10,788.44           | 26.43                     |
| dic-14                                 | 31              | 30940          | 998.06              | 59                       | 306,234.16        | 10,956.19           | 26.54                     |
| ene-15                                 | 31              | 30100          | 970.97              | 57                       | 299,319.11        | 10,234.55           | 26.65                     |
| feb-15                                 | 28              | 30520          | 1090.00             | 98                       | 344,520.61        | 11,583.48           | 26.76                     |
| mar-15                                 | 32              | 37660          | 1176.88             | 63                       | 363,888.69        | 11,070.35           | 26.86                     |
| abr-15                                 | 29              | 35140          | 1211.72             | 62                       | 319,945.63        | 13,611.10           | 26.97                     |
| <b>Total</b>                           |                 | <b>408,100</b> |                     |                          | <b>3,764,398</b>  | <b>142,772</b>      |                           |
| <b>Promedio</b>                        |                 | <b>34,008</b>  | <b>1,118.33</b>     | <b>62.42</b>             | <b>313,699.83</b> | <b>11,898</b>       | <b>26.42<sup>21</sup></b> |
| <b>Máxima</b>                          |                 | <b>4,0740</b>  | <b>1,314.19</b>     |                          | <b>367,091.37</b> | <b>14,049.76</b>    |                           |

<sup>21</sup> [http://www.bcn.gob.ni/estadisticas/mercados\\_cambiarior/tipo\\_cambio/cordoba\\_dolar/index.php](http://www.bcn.gob.ni/estadisticas/mercados_cambiarior/tipo_cambio/cordoba_dolar/index.php)

La tabla detalla el consumo de energía eléctrica en el periodo evaluado (doce meses) donde se han consumido:

- **408,100 kWh/año**, pagando **US\$ 142,772** anualmente.
- Teniendo en cuenta que por cada kWh consumido se generan 0.53 kg de dióxido de carbono<sup>22</sup>, la NEFA consumiendo 408,100 kWh/año, generan 216 toneladas de dióxido de carbono (*tCO<sub>2</sub>eq*) que es el principal responsable del efecto invernadero.
- Se tiene una demanda de potencia promedio de 62 kW al mes, lo cual implica un cobro adicional al final de cada mes. Del costo total por energía eléctrica consumida, por demanda de potencia se paga anualmente en promedio **C\$ 540,364.7**, lo cual equivale al **14.35 %** del costo total

A continuación se ilustra el consumo de energía eléctrica histórico en un periodo de un año.



**Gráfico 1. Consumo energético registrado en el periodo de análisis**

<sup>22</sup> <http://datos.bancomundial.org/indicador/EN.CO2.ETOT.ZS>

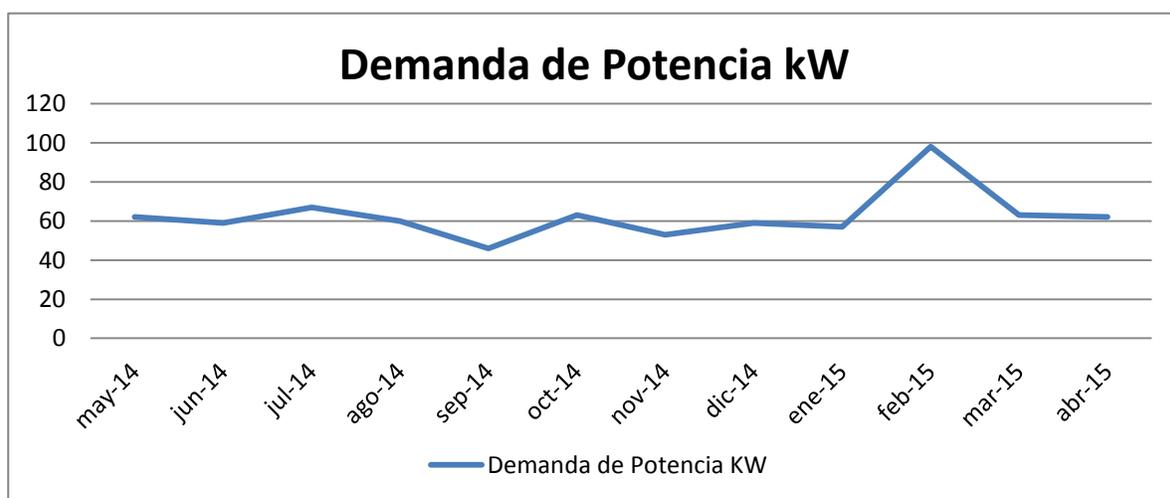
Del gráfico anterior se observa lo siguiente:

En mayo de 2014 se registró el mayor consumo de energía eléctrica consumiéndose **40,740 kWh**, luego durante los siguientes meses el consumo energético ha sido bastante regular, debido a algunas medidas de ahorro implementadas por la Institución. No obstante a partir de marzo de 2015 dicho consumo se ha incrementado considerablemente debido a las practicas realizadas con equipos de entrenamiento del personal, ya que en algunos meses las prácticas son más constante que en otros meses.

#### 5.2.4 Demanda de Potencia

La demanda de potencia, es la suma de potencia de cada equipo eléctrico funcionando en un mismo instante, el medidor realiza mediciones de demanda de potencia cada 15 min, en donde al final del mes se factura la máxima registrada, que se registrará en el lapso de las 6:00 pm a las 10:00 pm.

Se presenta la demanda de potencia histórica en el periodo evaluado.



**Gráfico 2. Comportamiento de la demanda de potencia.**

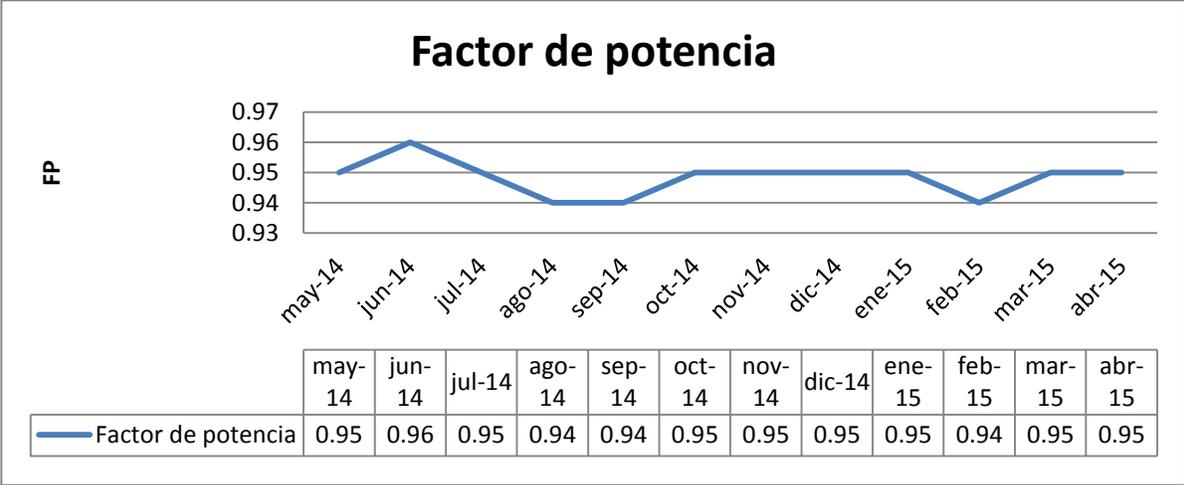
Del gráfico se observa que la demanda de potencia no es constante y esto es debido a que hay unos meses donde el trabajo se extiende hasta en la noche y en otros meses se mantienen operando con regularidad

Se puede observar que en el mes de febrero se incrementó excesivamente la demanda de potencia y luego continuó constante en 62 kW, esto fue debido a que en ese mes hicieron prácticas de 6:00 pm - 10:00 pm, por lo que se debe procurar evitar tener varios equipos encendidos durante ese lapso de tiempo.

Teniendo en promedio una demanda de potencia de 62 kW al mes, se paga aproximadamente en la factura eléctrica **U\$ 1,931 kW** en verano punta y **U\$ 1,206 kW** por cada mes. Esto equivale a un 13 % del consumo total de energía mensual.

### 5.2.5 Factor de Potencia

El factor de potencia mide el aprovechamiento de la energía por los equipos, si este factor es menor de 0.85, la empresa distribuidora (DISNORTE-DISSUR), emitirá una multa por su incumplimiento.



**Gráfico 3. Comportamiento del factor de potencia.**

De la ilustración anterior, se concluye que la Institución no presenta problemas

con el factor de potencia ya que este está por encima del valor mínimo (0.85) para evitar multas.

### **5.2.6 Consumo energético de la instalación y distribución por usos finales.**

Dentro de la instalación los principales usos de energía eléctrica son:

- Climatización
- Iluminación
- Equipos ofimáticos
- Bancos de comprobación (radio electrónicos)
- Equipos de entrenamiento de personal.

### **5.3 Análisis de las Tecnologías de Servicio.**

Se hará el estudio energético individualmente a cada edificio a analizar, ya que en dichos edificios cuentan con diferentes equipos consumidores de energía eléctrica, también las condiciones de infraestructuras no son las mismas, porque uno de los edificios como es el edificio 1 esta nuevo en toda su infraestructura y lleva solo aproximadamente un año desde que se comenzó a utilizar, mientras que el edificio 2, es un edificio con muchos años de antigüedad y no posee las mejores infraestructuras, por lo que el estudio es diferente en cuanto a equipos consumidores.

## 5.3.1 Edificio # 1

### 5.3.1.1 Climatización

El edificio cuenta con 13 aires acondicionados de diferente capacidad, de los cuales 6 son Split y 7 son unidades centrales. En la siguiente tabla se mostraran la capacidad de cada uno de ellos y el área donde están ubicados.

**Tabla 4. Demanda por equipos de climatización**

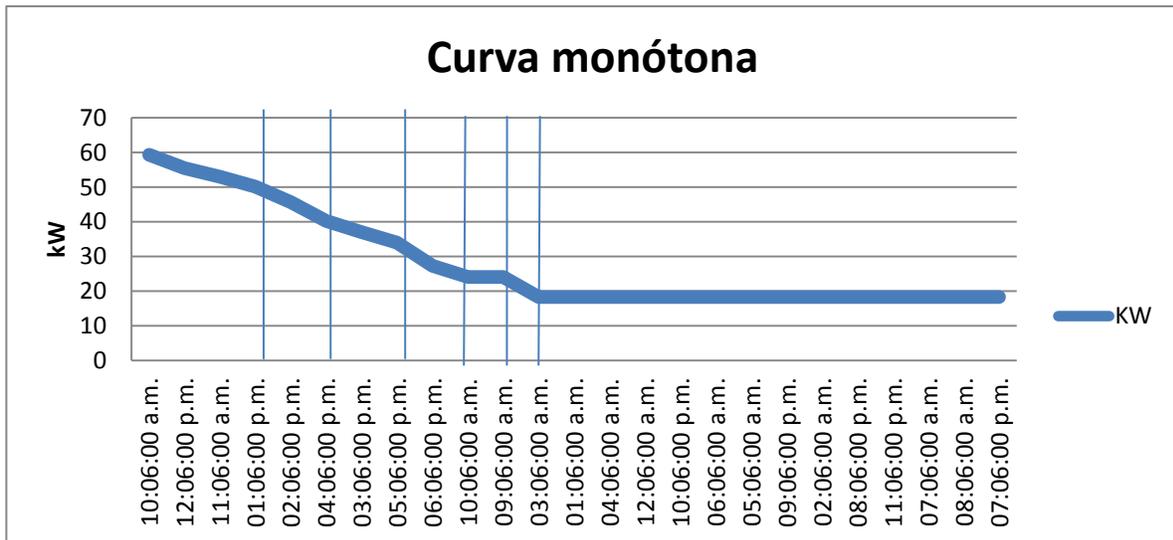
| Área         | Capacidad equipos (BTU/h) | Cantidad  | capacidad total (BTU/h) | Potencia kW  |
|--------------|---------------------------|-----------|-------------------------|--------------|
| Área # 1     | 60,000                    | 5         | 300,000                 | 6.11         |
| Área # 2     | 60,000                    | 2         | 120,000                 | 6.11         |
| Área # 3     | 36,000                    | 1         | 36,000                  | 3.47         |
| Área # 4     | 24,000                    | 1         | 24,000                  | 2.15         |
| Área # 5     | 36,000                    | 1         | 36,000                  | 3.47         |
| Área # 6     | 36,000                    | 1         | 36,000                  | 3.47         |
| Área # 7     | 36,000                    | 1         | 36,000                  | 3.47         |
| Área # 8     | 24,000                    | 1         | 24,000                  | 2.15         |
| <b>Total</b> |                           | <b>13</b> | <b>612,000</b>          | <b>60.95</b> |

Según la tabla anterior, la capacidad total instalada del edificio equivale a 612,000 BTU/h (51 toneladas de refrigeración). Teniendo una demanda de potencia de **60.95 kW**.

#### 5.3.1.1.1 Análisis de la curva monótona

La curva monótona representa la demanda de potencia que se obtiene durante un periodo de tiempo determinado, el tiempo que representaremos en la curva es el de un día completo, que fue el tiempo que pusimos a medir el analizador de

redes (FLUKE).



**Gráfico 4. Representación de la Curva monótona**

De la Curva monótona se puede observar que:

- La demanda de potencia mayor a 50 kW, me representa el 12 % del total del tiempo en que registró el equipo (Analizador de redes FLUKE), lo que equivale a aproximadamente a 3 horas con una demanda de potencia mayor a 50 kW.
- Durante aproximadamente 7 horas que equivale al 28 % del tiempo registrado, se tuvo una demanda de potencia mayor a 34 kW.
- El 100 % del tiempo registrado por el equipo se tiene una demanda de potencia base mayor a 18 kW, debido a los 3 aires acondicionados de 60000 BTU, que quedan encendidos las 24 horas debido a equipos que tienen que permanecer climatizados permanentemente.

**Tabla 5. Consumo de energía eléctrica por unidad de aire acondicionado**

| Área     | Capacidad equipos (BTU/h) | Cantidad | Potencia kW | Horas uso | Ce kWh/día    | Ce kWh/mes       |
|----------|---------------------------|----------|-------------|-----------|---------------|------------------|
| Área # 1 | 60,000                    | 3        | 6.11        | 7         | 128.31        | 2,822.82         |
| Área # 1 | 60,000                    | 2        | 6.11        | 21        | 256.62        | 5,645.64         |
| Área # 2 | 60,000                    | 1        | 6.11        | 21        | 128.31        | 2,822.82         |
| Área # 2 | 60,000                    | 1        | 6.11        | 7         | 42.77         | 940.94           |
| Área # 3 | 36,000                    | 1        | 3.47        | 7         | 24.29         | 534.38           |
| Área # 4 | 24,000                    | 1        | 2.15        | 7         | 15.05         | 331.1            |
| Área # 5 | 36,000                    | 1        | 3.47        | 7         | 24.29         | 534.38           |
| Área # 6 | 36,000                    | 1        | 3.47        | 7         | 24.29         | 534.38           |
| Área # 7 | 36,000                    | 1        | 3.47        | 7         | 24.29         | 534.38           |
| Área # 8 | 24,000                    | 1        | 2.15        | 7         | 15.05         | 331.1            |
|          |                           |          |             |           | <b>683.27</b> | <b>15,031.94</b> |

La tabla anterior muestra el consumo de energía eléctrica, en donde se puede observar que el consumo energético promedio por día equivale a **683.27 kWh**, lo que conlleva a consumir aproximadamente **15,031.94 kWh/mes**.

En el área 1 y 2 están ubicados equipos que tienen que pasar climatizados las 24 horas, por lo que se deja dos aires encendidos en el área # 1 y uno en el área # 2 de manera permanente, como se muestra en la tabla las horas uso de estos aires.

Los aires acondicionados trabajan con un EER  $\leq 10$  (Relación de Eficiencia Energética) como se mostrara en la siguiente tabla, lo que representa una oportunidad para reducir el consumo de energía eléctrica en la institución.

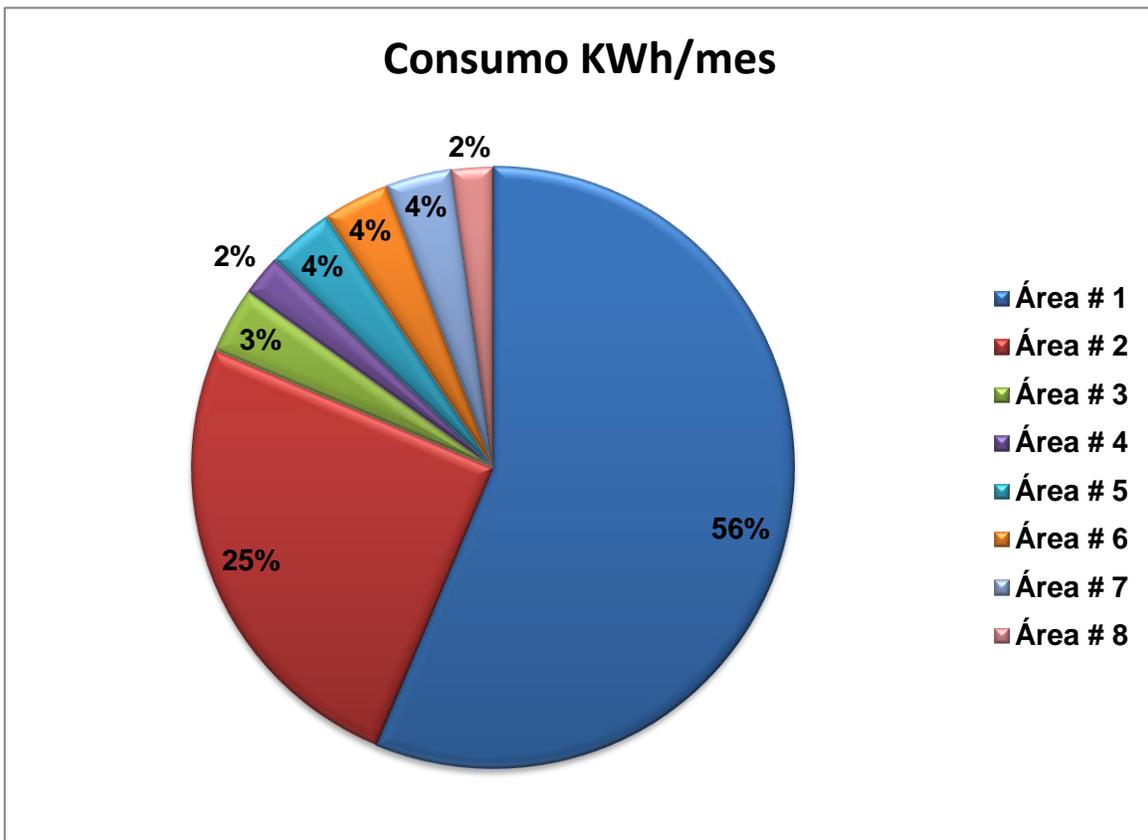
### 5.3.1.1.2 Mediciones Puntuales y Cálculo del EER para los Aires Acondicionados

Tabla 6. Cálculo de EER para los Aires Acondicionados

| Área     | Capacidad | Cantidad | Voltaje (V) | Amperaje (L1) | Amperaje (L2) | EER  |
|----------|-----------|----------|-------------|---------------|---------------|------|
| Área # 1 | 60000     | 5        | 220         | 27.4          | 27.4          | 10.0 |
| Área # 2 | 60000     | 2        | 220         | 27.6          | 27.5          | 9.9  |
| Área # 6 | 36000     | 1        | 220         | 16            | 16.4          | 10.1 |
| Área # 5 | 36000     | 1        | 220         | 15.2          | 15.4          | 10.7 |
| Área # 3 | 36000     | 1        | 220         | 16.4          | 17            | 9.8  |
| Área # 7 | 36000     | 1        | 220         | 15.4          | 15.3          | 10.7 |
| Área # 8 | 24000     | 1        | 220         | 11.5          | 11            | 9.7  |
| Área # 4 | 24000     | 1        | 220         | 11.4          | 9.2           | 10.6 |

Como se puede observar en la tabla anterior la mayoría de los aires acondicionados tienen una relación de eficiencia energética de 10 o próximo a 10, lo que nos da una oportunidad para aplicar eficiencia energética y hacer mejoras para disminuir el consumo de energía eléctrica.

A continuación se muestra el porcentaje de consumo de energía eléctrica que representa cada área de trabajo.



**Gráfico 5. Representación porcentual del consumo de energía eléctrica por área.**

De la ilustración anterior se puede observar:

- El área # 1 representa el mayor consumidor de energía eléctrica con un 57 % del total.
- El área # 2 representa un 25 % del total del consumo de energía eléctrica.
- Sumadas estas dos áreas representan el 81 % del consumo energético total, debido a que en estas áreas es donde pasan 3 aires de 60,000 BTU trabajando las 24 horas.

### 5.3.1.2 Iluminación

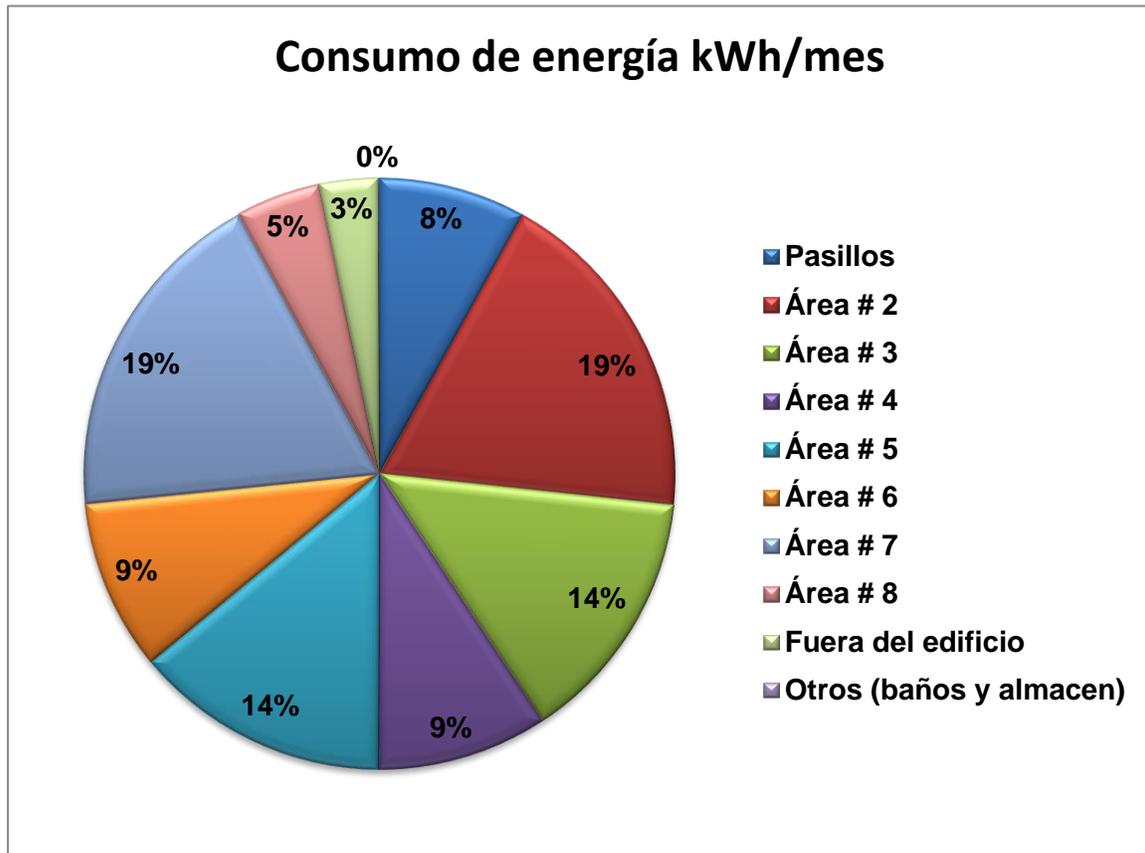
El edificio cuenta con poca variación de tecnología de iluminación, la iluminación existente es bastante buena en relación a tecnología para consumo ahorrativo, pero que esta tecnología puede ser mejorada con iluminarias LED. En la siguiente tabla se muestra las diferentes tecnologías de iluminarias así como su demanda y consumo.

**Tabla 7. Potencia instalada y Consumo por iluminación**

| Local                   | Tecnología            | Cantidad | Potencia (W) | Horas uso | Ce kWh (diario) | Demanda de potencia |
|-------------------------|-----------------------|----------|--------------|-----------|-----------------|---------------------|
| Pasillos                | Bombillos ahorrativos | 12       | 11           | 10        | 1.3             | 0.13                |
| Área # 2                | T8 32W                | 8        | 32           | 10        | 3.1             | 0.26                |
| Área # 3                | T8 32W                | 6        | 32           | 10        | 2.3             | 0.19                |
| Área # 4                | T8 32W                | 4        | 32           | 10        | 1.5             | 0.13                |
| Área # 5                | T8 32W                | 6        | 32           | 10        | 2.3             | 0.19                |
| Área # 6                | T8 32W                | 4        | 32           | 10        | 1.5             | 0.13                |
| Área # 7                | T8 32W                | 8        | 32           | 10        | 3.1             | 0.26                |
| Área # 8                | T8 32W                | 2        | 32           | 10        | 0.8             | 0.06                |
| Fuera del edificio      | Bombillos ahorrativos | 8        | 11           | 5         | 0.5             | 0.09                |
| otros (baños y almacén) | Bombillos ahorrativos | 3        | 11           | 0.3       | 0.0             | 0.03                |
| <b>Total</b>            |                       |          |              |           | <b>16.45</b>    | <b>1.47</b>         |

Según la tabla anterior, el sistema de iluminación posee una potencia instalada de 1.5 kW, consumiendo diario aproximadamente 16.45 kWh, que equivale

mensualmente a **361.9 kWh**.



**Gráfico 6. Consumo de energía eléctrica por iluminación por área**

En el siguiente gráfico se puede observar que los mayores consumidores de energía eléctrica representando un 19 % del total, son el área # 2 y 7; estos dos salones son idénticos en tanto iluminarias y consumo de energía eléctrica ya que ambos poseen la misma tecnología y la misma cantidad de iluminarias.

### 5.3.2.1 Análisis de los niveles de iluminación

Tabla 8. Representación de los niveles de iluminación.

| Nivel de Luminosidad |       |                    |            |
|----------------------|-------|--------------------|------------|
| Área                 | Luxes | Luxes recomendados | Diferencia |
| Área # 2             | 160   | 300-500            | -140       |
| Área # 3             | 330   | 300-500            | +30        |
| Área # 4             | 436   | 300-500            | +136       |
| Área # 5             | 220   | 300-500            | -80        |
| Área # 6             | 70    | 300-500            | -230       |
| Área # 7             | 208   | 300-500            | -92        |
| Área # 8             | 191   | 300-500            | -109       |
| Almacén              | 30    | 200-300            | -170       |

La tabla anterior muestra los niveles de iluminación que existen en las diferentes áreas del edificio, dichas mediciones de luminosidad se hicieron solamente en las áreas en donde permanecía el personal trabajando con computadoras y también en las oficinas.

Como se puede observar la mayoría de las áreas de trabajo no cumplen con los niveles recomendados de iluminación, lo que implica un riesgo laboral para los trabajadores, como son problemas en la vista a largo plazo, debido a esto se recomienda el cambio de iluminación por otros que cumplan con los parámetros requeridos de iluminación y eficiencia.

Las dos únicas áreas en donde el nivel de luminosidad está dentro del rango adecuado, son las áreas que durante el día entra la luz solar a través de ventanas de vidrios, pero que ya en la noche ese nivel de luminosidad baja provocando de igual manera una mala iluminación para los trabajos que se realizan.

### 5.3.1.3 Consumo energético por los equipos de prácticas.

Los grandes equipos de prácticas que existen en el edificio, permanecen siempre climatizados, los usuarios hacen prácticas a la semana entre 3 a 4 días, en un periodo de tiempo de 5 horas. Es por eso que a continuación se muestra el consumo de energía eléctrica de cada uno de los equipos.

**Tabla 9. Consumo energético por equipos de práctica.**

| Tecnología             | kW          | Horas uso | kWh/día      | kWh/mes      |
|------------------------|-------------|-----------|--------------|--------------|
| Equipo de Practica I   | 35          | 5         | 175          | 2100         |
| Equipo de Practica II  | 15          | 5         | 75           | 900          |
| Equipo de Practica III | 2.5         | 5         | 12.5         | 150          |
|                        | <b>52.5</b> |           | <b>262.5</b> | <b>3,150</b> |

Como muestra la tabla anterior los equipos de práctica poseen una demanda de potencia de 52.5 kW, consumiendo al día **262.5 kWh** lo que equivale mensualmente a **3,150 kWh**.

### 5.3.1.4 Consumo de energía eléctrica por otros equipos

Aquí está plasmado el consumo de energía eléctrica por demás equipos, como son equipos ofimáticos, dispensadores de agua, extractores de humedad, etc.

Estos demás equipos representan cierto porcentaje de consumo de energía eléctrica, ya que son indispensables para el trabajo rutinario y que ayudan a conservar el área con cierto porcentaje de humedad relativa.

A continuación se presenta el consumo de energía eléctrica y demanda de potencia por otros equipos.

**Tabla 10. Consumo energético por otros equipos.**

| Área     | Equipo               | kW   | Unidades  | Total kW     | Horas uso | Ce diario kW/h  | Ce mensual kW/h |
|----------|----------------------|------|-----------|--------------|-----------|-----------------|-----------------|
| Área # 7 | Computadora Dell     | 0.55 | 7         | 3.85         | 7         | 26.95           | 592.9           |
|          | Impresora laser      | 0.55 | 1         | 0.55         | 0         | 0               | 0               |
|          | Pantalla Sharp       | 0.13 | 1         | 0.13         | 7         | 0.91            | 20.02           |
| Área # 5 | Computadora Dell     | 0.55 | 7         | 3.85         | 7         | 26.95           | 592.9           |
|          | Impresora            | 0.55 | 1         | 0.55         | 0         | 0               | 0               |
|          | Pantalla Sharp       | 0.13 | 1         | 0.13         | 7         | 0.91            | 20.02           |
| Área # 6 | Monitores Dell       | 0.55 | 8         | 4.4          | 7         | 30.8            | 677.6           |
|          | Monitor              | 0.37 | 1         | 0.37         | 7         | 2.59            | 56.98           |
|          | Laptop               | 0.3  | 1         | 0.3          | 7         | 2.1             | 46.2            |
|          | Impresora laser      | 0.55 | 1         | 0.55         | 0.03      | 0.0165          | 0.363           |
|          | Impresora            | 0.1  | 1         | 0.1          | 0.03      | 0.003           | 0.066           |
| Área # 8 | Computadora Dell     | 0.55 | 1         | 0.55         | 7         | 3.85            | 84.7            |
| Área # 4 | CPU                  | 0.55 | 2         | 1.1          | 7         | 7.7             | 169.4           |
|          | Laptop               | 0.3  | 2         | 0.6          | 7         | 4.2             | 92.4            |
| Pasillos | Oasis                | 0.54 | 1         | 0.54         | 15        | 8.1             | 178.2           |
| Área # 1 | Extractor de humedad | 0.71 | 2         | 1.42         | 24        | 34.08           | 749.76          |
| Total    |                      |      | <b>38</b> | <b>18.99</b> |           | <b>149.1595</b> | <b>3281.509</b> |

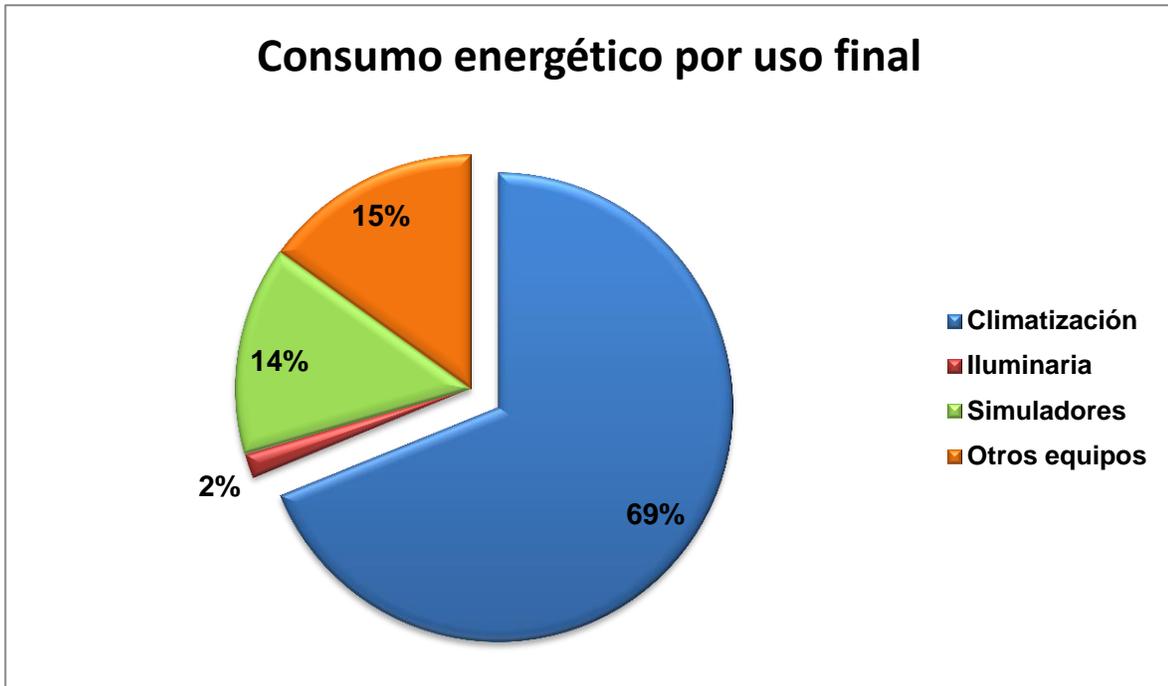
Como muestra la tabla anterior la demanda de potencia por otros equipos es de aproximadamente 19 kW, consumiendo diario 149 kWh, lo cual equivale a **3,281 kWh** al mes.

A continuación se muestra el balance de energía, detallando cuales son los consumidores potenciales del edificio.

### 5.3.1.5 Balance de energía

Haciendo el balance de energía se obtuvo el consumo de energía eléctrica por cada tecnología de servicio, como lo son: climatización, iluminaria, equipos de entrenamiento del personal y otros equipos (equipos ofimáticos, etc.)

| <b>Edificio # 1</b>                      |                   |
|--|-------------------|
| <b>Consumo por tecnología</b>            | <b>kWh/mes</b>    |
| <b>Climatización</b>                     | 15,031.94         |
| <b>Iluminaria</b>                        | 361.9             |
| <b>Equipos de práctica (simuladores)</b> | 3,150             |
| <b>Otros equipos</b>                     | 3,281.509         |
|  | <b>21,825.349</b> |



**Gráfico 7. Representación del Balance de Energía.**

Como se puede observar en el gráfico anterior, haciendo el balance de energía se llega a obtener que:

- El mayor consumidor con un 69 % del total son los equipos de aires acondicionados, esto representa el potencial consumidor de energía eléctrica.
- Más del 50 % de la energía eléctrica consumida por el edificio es debida a los equipos de climatización, lo que permitirá aplicar eficiencia energética para disminuir dicho consumo de energía.
- Otros equipos como los ofimáticos me representa el 15 % del consumo energético, y los equipos de prácticas el 14 %, en dichos consumidores no es posible aplicar eficiencia energética debido a que son tecnologías nuevas e indispensables para las prácticas.

## 5.3.2 Edificio # 2

El edificio 2, es un edificio con muchos años de instalación, y poseen varios equipos en mal estado y otros que no están funcionando, se hará el estudio energético para determinar cuáles son los mayores consumidores y así aplicar eficiencia energética y brindar las opciones de mejoras necesarias para reducir el consumo de energía eléctrica.

### 5.3.2.1 Climatización edificio # 2

Este edificio posee 10 aires acondicionados Split de diferente capacidad, y que están ubicados en diferentes áreas de la instalación.

A continuación se representaran en la siguiente tabla:

**Tabla 11. Demanda por Climatización edificio # 2**

| Área                      | Capacidad<br>BTU | Cantidad | Capacidad<br>Total<br>BTU/h | Potencia<br>kW |
|---------------------------|------------------|----------|-----------------------------|----------------|
| (sección 1)               | 24,000           | 1        | 24000                       | 2.48           |
| (sección 2)               | 27,000           | 1        | 27000                       | 3.56           |
| (sección 3)               | 24,000           | 1        | 24000                       | 2.45           |
| (Sección 5)               | 18,000           | 1        | 18000                       | 1.85           |
| (sección 6)               | 60,000           | 2        | 120000                      | 5.86           |
| (Sección 9)               | 60,000           | 2        | 120000                      | 5.22           |
| Aula de clase 2da. Planta | 24,000           | 2        | 48000                       | 3.11           |
|                           | <b>237,000</b>   |          | <b>381000</b>               | <b>24.53</b>   |

Según la tabla anterior la capacidad total instalada en el edificio es de 381,000 BTU/h lo que equivale a 32 toneladas de refrigeración, la mayoría de los aires acondicionados de este local tienen un  $EER \leq 10$ , por lo que representa una oportunidad para reducir el consumo energético.

Los equipos de aire acondicionado del edificio representan una demanda de potencia de **24.53 kW**.

**Tabla 12. Consumo de energía eléctrica por unidad de aire acondicionado**

| Área                      | Capacidad BTU  | Cantidad | Potencia kW  | Horas uso | Ce kWh/día    | Ce kWh/mes      |
|---------------------------|----------------|----------|--------------|-----------|---------------|-----------------|
| (sección 1)               | 24,000         | 1        | 2.48         | 7         | 17.33         | 381.15          |
| (sección 2)               | 27,000         | 1        | 3.56         | 7         | 24.92         | 548.31          |
| (sección 3)               | 24,000         | 1        | 2.45         | 7         | 17.17         | 377.76          |
| (Sección 5)               | 18,000         | 1        | 1.85         | 0.25      | 0.46          | 1.39            |
| (sección 6)               | 60,000         | 2        | 5.86         | 7         | 82.11         | 1806.33         |
| (Sección 9)               | 60,000         | 2        | 5.22         | 7         | 73.09         | 1607.94         |
| Aula de clase 2da. Planta | 24,000         | 2        | 3.11         | 0         | 0.00          | 0               |
|                           | <b>237,000</b> |          | <b>24.53</b> |           | <b>215.08</b> | <b>4,722.88</b> |

Según la tabla anterior se puede observar:

- El consumo diario por climatización es de aproximadamente 215.08 kWh al día, lo que equivale a **4,722.88 kWh** al mes.
- Los mayores consumidores de energía eléctrica son el área de laboratorios. Señalando que en la sección 9 los dos aires acondicionados están en mal

estado y son antiguos, por lo que prácticamente estos consumen bastante energía eléctrica.

- La sección 5 representa una cantidad casi despreciable de consumo de energía eléctrica, debido a que en esa área solo permanecen durante 15 minutos cuando toca limpiar filtros y esto se hace aproximadamente 3 veces al mes.
- El área de aulas de clases es usada solo en el periodo de tiempo de clases que es de 8 meses al año, pero estos aires no están funcionando porque están en mal estado.

### 5.3.2.1.1 Cálculo de la Relación de Eficiencia Energética

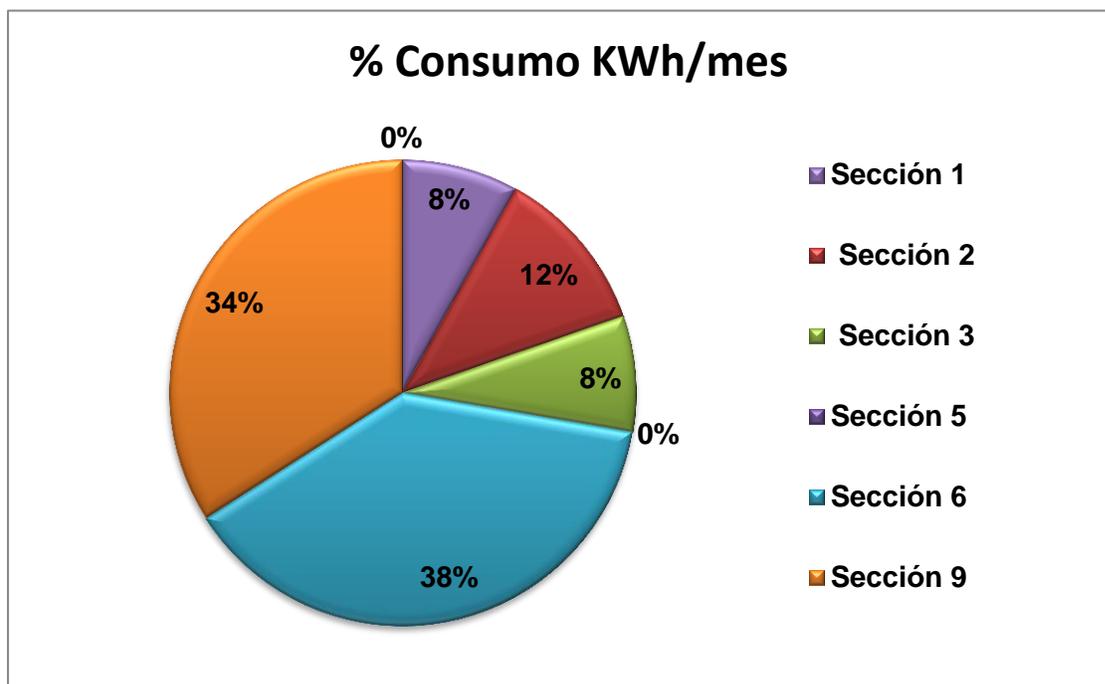
**Tabla 13. Cálculo de la Relación de Eficiencia Energética**

| Área                             | Capacidad<br>BTU | Potencia kW  | EER        |
|----------------------------------|------------------|--------------|------------|
| (sección 1)                      | 24,000           | 2.48         | 9.7        |
| (sección 2)                      | 27,000           | 3.56         | 7.6        |
| (sección 3)                      | 24,000           | 2.45         | 9.8        |
| (Sección 5)                      | 18,000           | 1.85         | 9.7        |
| (sección 6)                      | 60,000           | 5.86         | 10.2       |
| (Sección 9)                      | 60,000           | 5.22         | 11.5       |
| <b>Aula de clase 2da. Planta</b> | 24,000           | 3.11         | 7.7        |
|                                  | <b>237,000</b>   | <b>24.53</b> | <b>9.6</b> |

De La tabla anterior se observa que la relación de eficiencia energética de cada aire es  $\leq 10$ , por lo que se aplicara eficiencia energética para reducir el consumo de energía eléctrica.

El aire acondicionado de la sección 2 es un aire de ventana y posee el menor EER igual a 7.

Se presenta el consumo en porcentaje por área.



**Gráfico 8. Representación del consumo energético por área.**

El gráfico anterior representa el porcentaje de consumo de energía eléctrica de cada área, en donde se observa que los laboratorios son los mayores consumidores con un 34 % y 38 % del total, sumados estos dos representan el 72 % del consumo de energía eléctrica total.

### 5.3.2.2 Iluminación

A continuación se muestra la potencia instalada por sistema de iluminación en el edificio, en donde la tecnología que poseen es de eficiencia estándar y en muchas áreas, algunas de las lámparas están en mal estado.

**Tabla 14. Potencia instalada y Consumo por iluminación**

| Área                      | Tecnología            | Cantidad | Potencia (W) | Hrs uso | Ce kWh/día   | Demanda de potencia |
|---------------------------|-----------------------|----------|--------------|---------|--------------|---------------------|
| (Sección #1)              | T12 40W               | 8        | 40           | 10      | 3.2          | 0.32                |
|                           | Tubo Fluorescente     | 4        | 18           | 10      | 0.72         | 0.07                |
| (Sección #2)              | T12 40W               | 8        | 40           | 10      | 3.2          | 0.32                |
| (Sección #3)              | Tubo Fluorescente     | 4        | 18           | 10      | 0.72         | 0.07                |
| (Sección #4)              | T12 40W               | 8        | 40           | 0       | 0            | 0.32                |
| (Sección #5)              | T12 40W               | 8        | 40           | 0.25    | 0.08         | 0.32                |
| (Sección#6)               | T12 40W               | 16       | 40           | 10      | 6.4          | 0.64                |
| (Sección #9)              | T12 40W               | 28       | 40           | 10      | 11.2         | 1.12                |
| Aula de clase 2da. Planta | T12 40W               | 12       | 40           | 10      | 4.8          | 0.48                |
| O.G                       | T12 40W               | 2        | 40           | 5       | 0.4          | 0.08                |
|                           | T12 40W               | 8        | 40           | 5       | 1.6          | 0.32                |
| Cuartos de herramientas   | T12 40W               | 4        | 40           | 0.023   | 0.0036       | 0.16                |
|                           | T12 40W               | 4        | 40           | 0.023   | 0.0036       | 0.16                |
| T.A                       | T12 40W               | 10       | 40           | 0.023   | 0.009        | 0.4                 |
| Hangar                    | Cobras                | 3        | 400          | 11      | 13.2         | 1.2                 |
|                           | Bombillos Reflectores | 4        | 50           | 5       | 1            | 0.2                 |
|                           |                       |          |              |         | <b>46.54</b> | <b>6.184</b>        |

De la tabla anterior se puede observar:

- El sistema de iluminación tiene una demanda de potencia de **6.184 kW**.
- El edificio # 2 consume diario aproximadamente 46.54 kWh de energía eléctrica por iluminación, lo cual equivale a **1,023.88 kWh/mes**.
- La (Sección # 9) posee la mayor cantidad de lámparas, teniendo una demanda de potencia 1.12 kW, esta sección representa el 24 % del consumo total al mes.
- Las 3 lámparas Cobra representan la mayor cantidad de demanda de potencia con 1.2 kW, estas son usadas durante 11 horas diario lo que equivale a 13.2 kWh consumidos diariamente (**290 kWh mensual**), esto es el 28 % del consumo total de energía eléctrica.

### 5.3.2.2.1 Análisis de los niveles de iluminación

Tabla 15. Análisis de los niveles de iluminación

| Niveles de Iluminación |       |                    |            |
|------------------------|-------|--------------------|------------|
| Área                   | Luxes | Luxes recomendados | Diferencia |
| (Sección 1)            | 28    | 300-500            | -272       |
| (Sección 2)            | 126   | 300-500            | -174       |
| (Sección 3)            | 40    | 300-500            | -260       |
| (Sección 4)            | 0     | 200-300            | -200       |
| (Sección 5)            | 103   | 300-500            | -197       |
| (Sección 6)            | 129   | 300-500            | -171       |

|                           |     |         |       |
|---------------------------|-----|---------|-------|
| (Sección 9)               | 63  | 300-500 | -237  |
| Aula de clase 2da. Planta | 650 | 300-500 | + 350 |
| O. G                      | 442 | 300-500 | + 142 |
| Cuartos de herramientas   | 60  | 200-300 | -140  |
|                           | 65  | 200-300 | -135  |
| T. A                      | 83  | 300-500 | -217  |

La tabla anterior muestra los niveles de iluminación existentes en cada área de trabajo, en donde se puede observar que la mayoría de las áreas no cumplen con los niveles de iluminación recomendados por las Normas de Higiene y Seguridad industrial, las únicas dos áreas que tienen buena iluminación es porque les da directamente la luz natural (procedente del sol).

### 5.3.2.3 Demanda de potencia y consumo de energía eléctrica por computadoras.

Tabla 16. Demanda de potencia y consumo por computadoras.

| Área         | Tipo    | Cantidad | Demanda de Potencia | Horas uso | Ce (kWh/día) | Ce (kWh/mes)  |
|--------------|---------|----------|---------------------|-----------|--------------|---------------|
| (Sección #1) | Desktop | 1        | 0.72                | 8         | 5.81         | 127.98        |
|              | Laptop  | 1        | 0.3                 | 8         | 2.4          | 52.8          |
| (Sección #2) | Laptop  | 1        | 0.3                 | 6         | 1.8          | 39.6          |
| (Sección #3) | Desktop | 1        | 0.72                | 8         | 5.82         | 127.98        |
|              | Laptop  | 4        | 0.3                 | 8         | 9.6          | 211.2         |
| (Sección #9) | Laptop  | 2        | 0.3                 | 7         | 4.2          | 66            |
| T. A         | Laptop  | 1        | 0.3                 | 7         | 2.1          | 26.4          |
| <b>TOTAL</b> |         |          | <b>2.95</b>         |           | <b>31.73</b> | <b>651.97</b> |

La tabla anterior muestra la demanda de potencia por computadoras que es de 2.95 kW, así como su consumo de energía eléctrica diario de aproximadamente igual a 31.7 kWh, esto equivale a **651.97 kWh** al mes.

#### 5.3.2.4 Consumo de energía eléctrica por otros equipos

**Tabla 17. Consumo energético por otros equipos**

| Área              | Equipos                | Potencia (W) | Demanda de Potencia kW | Unidades | Hrs uso | Ce kWh/mes |
|-------------------|------------------------|--------------|------------------------|----------|---------|------------|
| <b>Sección #1</b> | Impresora              | 550          | 0.55                   | 1        | 6       | 0.55       |
| <b>Sección #2</b> | KURSMP2                | 9            | 0.009                  | 1        | 6       | 1.19       |
|                   | BAKLAN                 | 30           | 0.03                   | 1        | 6       | 3.96       |
|                   | R863                   | 10           | 0.01                   | 1        | 6       | 1.32       |
|                   | B.C HF                 | 50           | 0.05                   | 1        | 6       | 6.6        |
|                   | Banco de comprobación  | 100          | 0.1                    | 1        | 6       | 13.2       |
|                   | B.C                    | 100          | 0.1                    | 1        | 6       | 13.2       |
|                   | Frecuenc.              | 40           | 0.04                   | 2        | 6       | 10.56      |
|                   | Generador de señal     | 40           | 0.04                   | 2        | 6       | 10.56      |
|                   | Medidor de potencia    | 80           | 0.08                   | 1        | 6       | 10.56      |
|                   | Generador de Funciones | 20           | 0.02                   | 1        | 6       | 2.64       |

|                              |                                    |     |             |    |       |               |
|------------------------------|------------------------------------|-----|-------------|----|-------|---------------|
|                              | Generador de baja frecuencia       | 30  | 0.03        | 1  | 6     | 3.96          |
|                              | Micro voltímetro                   | 15  | 0.015       | 1  | 6     | 1.98          |
|                              | Osciloscopio                       | 30  | 0.03        | 2  | 6     | 7.92          |
| <b>Sección #5</b>            | Planta U.                          | 100 | 0.1         | 1  | 0.020 | 0.04          |
| <b>Sección#6</b>             | Bancos de comprobaciones (nuevos)  | 40  | 0.04        | 18 | 0.45  | 7.2           |
| <b>Sección #9</b>            | Bancos de comprobaciones (sin uso) | 40  | 0.04        | 10 | 0     | 0             |
| <b>O. G</b>                  | TV                                 | 230 | 0.23        | 1  | 8     | 40.48         |
|                              | Cafetera                           | 650 | 0.65        | 1  | 1     | 14.3          |
| <b>Cuarto de herramienta</b> | Compresor                          | 360 | 0.36        | 1  | 1     | 7.92          |
|                              |                                    |     | <b>3.67</b> |    |       | <b>157.59</b> |

Según la tabla anterior se puede observar:

La demanda de potencia por otros equipos consumidores de energía eléctrica es de 3.67 kW, consumiendo mensualmente aproximadamente **157.59 kWh**.

A diferencia del edificio # 1 la mayoría de los otros equipos consumidores son bancos de comprobación que utilizan para trabajar y que no son usados regularmente.

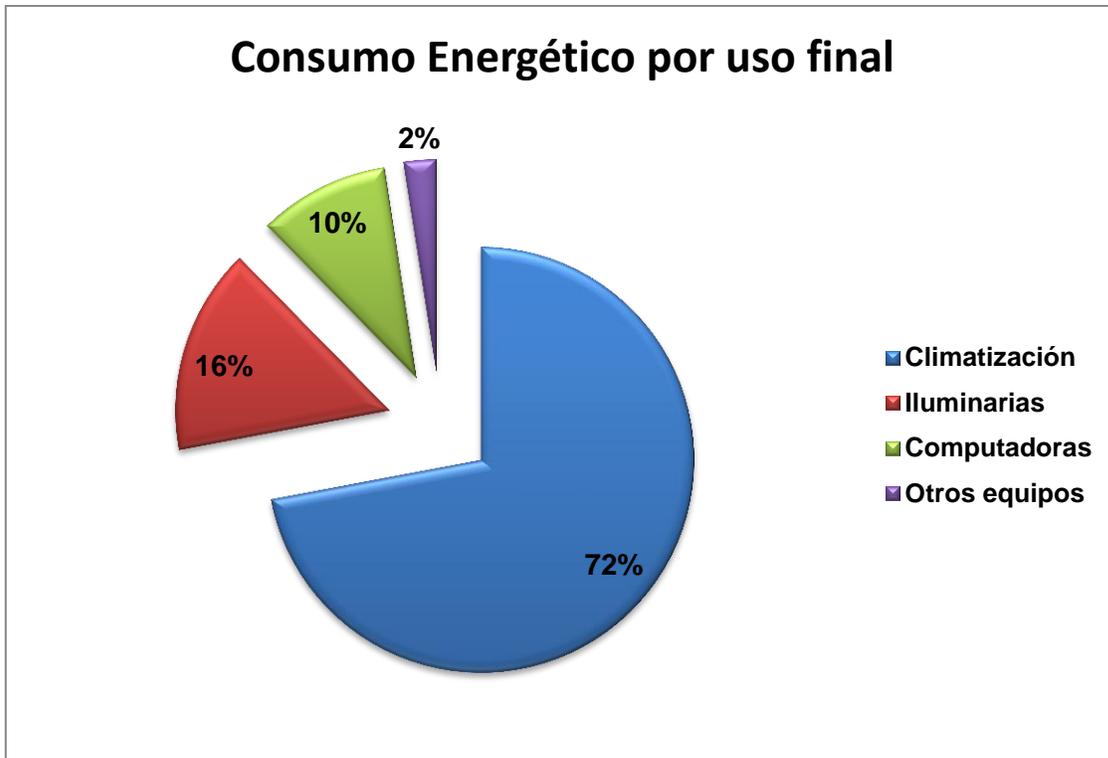
Los bancos de comprobaciones que son usados regularmente y por lo general los encienden a diario, son los de la sección 2 en donde la demanda de potencia de todos los equipos es de 0.9 kW, representando el 25 % de la demanda máxima.

La planta ultrasónica no es muy usada, solo se utiliza durante un periodo de 15 minutos y esto se hace aproximadamente 3 veces al mes, por ello no representa un consumo significativo al final de cada mes.

### 5.3.2.5 Balance de Energía del edificio # 2

**Tabla 18. Balance de energía edificio #2**

| <b>Edificio # 2</b>           |                        |
|-------------------------------|------------------------|
| <b>Consumo por Tecnología</b> | <b>Consumo kWh/mes</b> |
| <b>Climatización</b>          | 4,722.88               |
| <b>Iluminarias</b>            | 1023.8                 |
| <b>Computadoras</b>           | 651.9744               |
| <b>Otros equipos</b>          | 157.5922               |
|                               | <b>6,556.25</b>        |



**Gráfico 9. Balance de energía del edificio # 2**

Según el gráfico anterior se puede observar:

- La climatización, al igual que el edificio # 1 representa el mayor porcentaje del consumo energético con un 72 % del total.
- El sistema de iluminación si bien representa un 16 % del consumo de energía eléctrica total, este puede verse reducido en consideración aplicando uso de tecnologías más eficientes como las luminarias LED.

### 5.3.2.6 Balance de Energía Total (Edificio 1 y 2)

Tabla 19. Balance de energía total

| Consumo por tecnología            | kWh/mes          |
|-----------------------------------|------------------|
| Climatización                     | 19,754.82        |
| Iluminaria                        | 1,385.7          |
| Equipos de práctica (simuladores) | 3,150            |
| Otros equipos                     | 4,091.07556      |
|                                   | <b>28,381.60</b> |

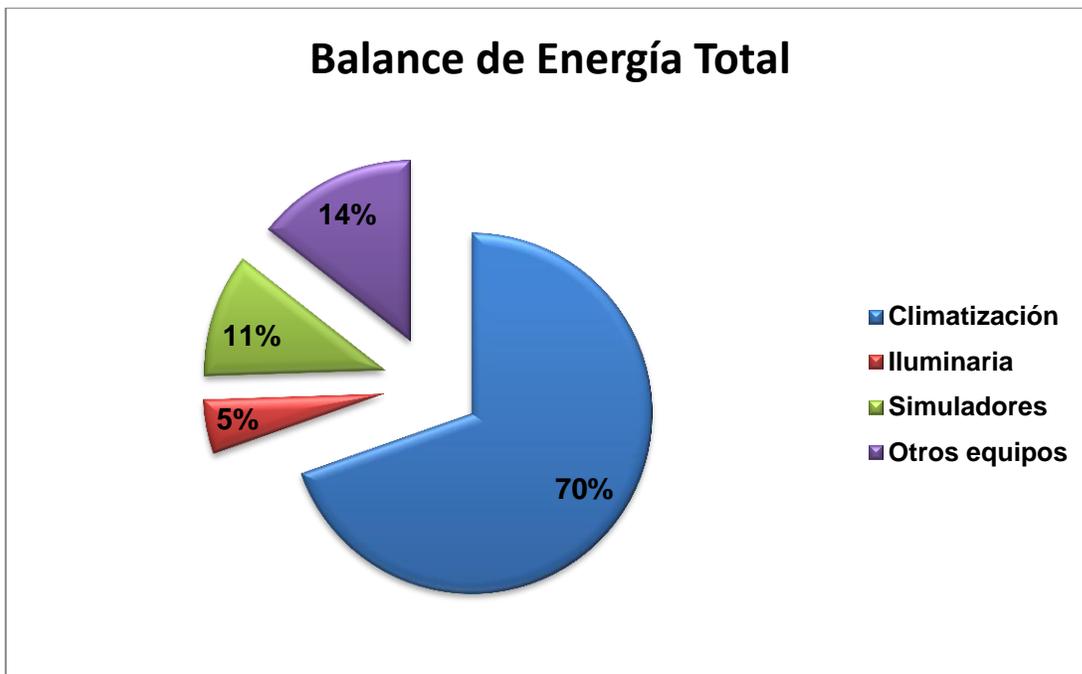


Gráfico 10. Balance de Energía Total

Como se puede observar en el gráfico anterior, la climatización es quien representa el mayor consumo en ambos edificios, representando un total del 70 % del consumo de energía eléctrica, esto da una gran oportunidad para aplicar eficiencia energética y así poder reducir el consumo energético y disminuir la generación de dióxido de carbono.

## 5.4 Indicador Ambiental de la Fuerza Aérea

Tabla 20. Producción de CO2 por mes

| Mes Facturado   | Días facturados | Consumo en kWh/mes | Factor de emisiones 0.53 KgCO2/kWh | Indicador de CO2 (Kg CO2/día) |
|-----------------|-----------------|--------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| may-14          | 31              | 40,740             | 0.53                               | 697                           |
| jun-14          | 30              | 35,420             | 0.53                               | 626                           |
| jul-14          | 31              | 36,120             | 0.53                               | 618                           |
| ago-14          | 31              | 32,200             | 0.53                               | 551                           |
| sep-14          | 31              | 32,620             | 0.53                               | 558                           |
| oct-14          | 30              | 33,320             | 0.53                               | 589                           |
| nov-14          | 30              | 33,320             | 0.53                               | 589                           |
| dic-14          | 31              | 30,940             | 0.53                               | 529                           |
| ene-15          | 31              | 30,100             | 0.53                               | 515                           |
| feb-15          | 28              | 30,520             | 0.53                               | 578                           |
| mar-15          | 32              | 37,660             | 0.53                               | 624                           |
| abr-15          | 29              | 35,140             | 0.53                               | 642                           |
| <b>Promedio</b> |                 | <b>34,008.33</b>   |                                    | <b>593</b>                    |

Como muestra la tabla anterior, se consume en promedio cada mes **34,008.33 kWh/mes**, emitiendo así de manera indirecta 593 toneladas de dióxido de carbono al mes, que es el responsable del efecto invernadero.

Para las emisiones de CO2 se recomienda plantar árboles para así disminuir la producción de CO2.

## 5.5 Análisis de las oportunidades de ahorro

Como resultado de la auditoría en eficiencia energética se determinaron las alternativas de ahorro en el consumo eléctrico.

Basado en que la mayoría de los equipos utilizados en la institución son tecnologías donde no se pueden aplicar eficiencia energética (equipos de entrenamiento), las propuestas de mejoras estarán centradas en la parte de climatización quien es la que representa el mayor consumo de energía eléctrica, así como por iluminarias en donde sí se puede aplicar eficiencia energética.

A continuación se presentan las propuestas de mejoras:

### 5.5.1 Reemplazar las unidades de climatización de eficiencia estándar por alta eficiencia ( $EER \geq 16$ )

**Situación actual:** con los dos edificios analizados, se cuentan con 23 unidades de climatización, 13 unidades en el edificio # 1 y 10 unidades en el edificio # 2, todos estos aires tienen una baja eficiencia ( $EER \leq 10$ ). Estas 23 unidades de climatización representan un consumo mensual de **19,754.8 kWh/mes**, equivalente a **237,057.6 kWh/año**.

A continuación se presenta la tabla de todos los aires acondicionados actuales en los edificios.

**Tabla 21. Unidades de Climatización Eficiencia Estándar**

| <b>Sistema de Climatización Actual</b> |                      |                  |            |                                 |
|--|----------------------|------------------|------------|---------------------------------|
| <b>Ubicación</b>                       | <b>Potencia (kW)</b> | <b>Capacidad</b> | <b>EER</b> | <b>Consumo Actual (kWh/mes)</b> |
| <b>Edificio # 1</b>                    | 6.11                 | 60,000           | 9.82       | 2,822.82                        |
|  | 6.11                 | 60,000           | 9.82       | 2,822.82                        |
|  | 6.11                 | 60,000           | 9.82       | 2,822.82                        |
|  | 6.11                 | 60,000           | 9.82       | 940.94                          |
|  | 6.11                 | 60,000           | 9.82       | 940.94                          |
|  | 6.11                 | 60,000           | 9.82       | 940.94                          |
|  | 6.11                 | 60,000           | 9.82       | 940.94                          |
|  | 3.47                 | 36,000           | 10.37      | 534.38                          |
|  | 3.47                 | 36,000           | 10.37      | 534.38                          |
|  | 3.47                 | 36,000           | 10.37      | 534.38                          |
|  | 3.47                 | 36,000           | 10.37      | 534.38                          |
|  | 2.15                 | 24,000           | 11.16      | 331.1                           |
|  | 2.15                 | 24,000           | 11.16      | 331.1                           |
|  | <b>Edificio # 2</b>  | 5.86             | 60,000     | 10.24                           |
| 5.86                                   |                      | 60,000           | 10.24      | 902.44                          |
| 5.22                                   |                      | 60,000           | 11.49      | 803.88                          |
| 5.22                                   |                      | 60,000           | 11.49      | 803.88                          |
| 3.56                                   |                      | 27,000           | 7.58       | 548.24                          |
| 2.45                                   |                      | 24,000           | 9.80       | 377.3                           |
| 2.48                                   |                      | 24,000           | 9.68       | 381.92                          |
| 3.11                                   |                      | 24,000           | 7.72       | 0                               |
| 3.11                                   |                      | 24,000           | 7.72       | 0                               |
| 1.85                                   |                      | 18,000           | 9.73       | 1.3875                          |
| <b>99.67</b>                           |                      | <b>993,000</b>   |            | <b>19,753.43</b>                |

Como se puede observar la demanda de aires acondicionados es de **99.67 kW**, y consumen mensualmente **19,753.42 kWh/mes**, que equivale a **237,041.04 kWh/año (U\$ 51,734.94)**. Aplicando eficiencia energética se obtendrá menos demanda de potencia así como menos consumo de energía eléctrica.

**Situación futura:** Sustituyendo todas las unidades de climatización por unidades de alta eficiencia energética, se obtendrán los siguientes equipos propuestos:

**Tabla 22. Unidades de Climatización situación Futura**

| <b>Sistema de Climatización Futura</b> |                      |                  |            |                              |                            |
|--|----------------------|------------------|------------|------------------------------|----------------------------|
| <b>Ubicación</b>                       | <b>Potencia (kW)</b> | <b>Capacidad</b> | <b>EER</b> | <b>% tiempo de operación</b> | <b>Ce Futuro (kWh/mes)</b> |
| <b>Edificio # 1</b>                    | 3.33                 | 60,000           | 18         | 70%                          | 1,232                      |
|  | 3.33                 | 60,000           | 18         | 70%                          | 1,232                      |
|  | 3.33                 | 60,000           | 18         | 70%                          | 1,232                      |
|  | 3.33                 | 60,000           | 18         | 70%                          | 410.7                      |
|  | 3.33                 | 60,000           | 18         | 70%                          | 410.7                      |
|  | 3.33                 | 60,000           | 18         | 70%                          | 410.7                      |
|  | 3.33                 | 60,000           | 18         | 70%                          | 410.7                      |
|  | 2.25                 | 36,000           | 16         | 70%                          | 277.2                      |
|  | 2.25                 | 36,000           | 16         | 70%                          | 277.2                      |
|  | 2.25                 | 36,000           | 16         | 70%                          | 277.2                      |
|  | 2.25                 | 36,000           | 16         | 70%                          | 277.2                      |
|  | 1.26                 | 24,000           | 19         | 70%                          | 155.6                      |
|  | 1.26                 | 24,000           | 19         | 70%                          | 155.6                      |
|  | <b>Edificio # 2</b>  | 3.75             | 60,000     | 16                           | 70%                        |
| 3.75                                   |                      | 60,000           | 16         | 70%                          | 462                        |
| 3.75                                   |                      | 60,000           | 16         | 70%                          | 462                        |
| 3.75                                   |                      | 60,000           | 16         | 70%                          | 462                        |
| 2.25                                   |                      | 36,000           | 16         | 70%                          | 277.2                      |
| 1.26                                   |                      | 24,000           | 19         | 70%                          | 155.6                      |
| 1.26                                   |                      | 24,000           | 19         | 70%                          | 155.6                      |
| 1.26                                   |                      | 24,000           | 19         | 70%                          | 155.6                      |
| 1.26                                   |                      | 24,000           | 19         | 70%                          | 155.6                      |
|  | <b>57.16</b>         |                  |            |                              | <b>9,506.4</b>             |

Cambiando todas las unidades de climatización por otras de alta eficiencia se obtiene un consumo proyectado de **9,506.4 kWh/mes**, lo que equivale a **114,076.8**

**kWh/año.**

### **Ahorro energético anual previsto**

Con los aires de alta eficiencia se dejará de consumir **122,964.24 kWh/año** y además se reduce la demanda de potencia a **57.16 kW**.

### **Variables ambientales.**

Se reducen las emisiones indirectas de CO<sub>2</sub>, como se dejara de consumir **122,964.24 kWh/año**, esto equivale a dejar de emitir de manera indirecta **65.17** toneladas de CO<sub>2</sub> al año.

### **Factores económicos**

**Inversión:** La inversión consiste en adquirir 15 unidades de aires Split y 7 unidades centrales ductos, para un total de 22 unidades de climatización de alta eficiencia, a una inversión estimada de **U\$ 77,115.55**, esta inversión incluye tanto la compra como la instalación de las unidades de climatización, además incluye el suministro e instalación de protecciones contra variaciones de voltaje. La vida útil de los equipos es de 15 años.

**Ahorro económico:** con las unidades de alta eficiencia se dejara de consumir **122,964.24 kWh/año**, equivalente a **U\$ 27,716.72** por año. Además se obtendrá una reducción de demanda de potencia de **8.34 kW**, debido a los 3 aires que pasan encendidos las 24 horas en el edificio # 1, obteniéndose así un ahorro por demanda de potencia de **U\$ 2,531.71** al año. El beneficio económico anual es de **U\$ 30,248.43**.

**Periodo de recuperación:** la inversión por equipos de climatización se estaría recuperando en 2.55 años.

**Tabla 23. Resumen de la opción de mejora # 1**

| <b>Ahorro Energético</b>       |                     |  |                    |
|--------------------------------|---------------------|--|--------------------|
| <b>Actualidad</b>              |                     | <b>Propuesta</b>                                   |                    |
| <b>Consumo Anual</b>           | 237,041.04 kWh/año. | <b>Ahorro del consumo anual</b>                    | 122,964.24 kWh/año |
| <b>Pagos económico anual</b>   | 51,734.94 U\$/año   | <b>Ahorro de pagos económicos</b>                  | 30,248.43 U\$/año  |
| <b>Producción de CO2 anual</b> | 125.6 TCO2/año      | <b>Porcentaje del ahorro de consumo de energía</b> | 51.87%             |
| <b>Factor de emisión</b>       | 0.53 TCO2/MWh       | <b>Reducción de CO2 anual</b>                      | 65.17 TCO2 /año    |
| <b>Costos</b>                  |                     |  |                    |
| <b>Costo de Inversión</b>      |                     | <b>U\$ 77,115.55</b>                               |                    |

**Tabla 24. Índice de Rentabilidad para la propuesta de mejora 1**

| <b>Índices de rentabilidad</b>                                |                     |
|---|---------------------|
| <b>Periodo de Recuperación</b>                                | <b>2.55 años</b>    |
| <b>Vida útil de los equipos</b>                               | <b>15 años</b>      |
| <b>Periodo considerado para el cálculo de la TIR y el VPN</b> | <b>5 años</b>       |
| <b>Tasa de descuento</b>                                      | <b>15 %</b>         |
| <b>Tasa Interna de Retorno (TIR)</b>                          | <b>39 %</b>         |
| <b>Valor Presente Neto (VPN)</b>                              | <b>\$ 24,281.88</b> |

## 5.5.2 Sustituir el sistema de iluminación estándar por tecnología LED.

### Situación actual

En la institución existen diversas tecnologías en el sistema de iluminación, siendo de eficiencia estándar, además poseen muchas secciones en donde las lámparas están en mal estado.

Tabla 25. Tecnología de iluminación eficiencia estándar

| Tecnología        | Potencia W | Cantidad | Potencia kW | Ce kWh/mes      |
|-------------------|------------|----------|-------------|-----------------|
| T8 40W            | 2X40       | 116      | 4.64        | 1020.8          |
| T12 32W           | 2X32       | 38       | 1.216       | 267.52          |
| Tubo fluorescente | 1X18       | 8        | 0.144       | 31.68           |
| LFC               | 11         | 23       | 0.253       | 55.66           |
| Reflectoras       | 50         | 4        | 0.2         | 22              |
| Cobras            | 400        | 3        | 1.2         | 290.4           |
|                   |            |          |             | <b>1,688.06</b> |

Como se puede observar en la tabla anterior el sistema de iluminación tiene una demanda de potencia de **7.65 kW**, y consumen anualmente **20,256.7 kWh/año**, lo cual equivale a **U\$ 4380.14** al año.

### Situación Futura:

Se propone sustituir las lámparas ubicadas en los dos edificios estudiados por lámparas de tecnología **LED**.

A continuación se detalla en la siguiente tabla el resultado de sustituir las lámparas existentes, por lámparas LED.

**Tabla 26. Tecnología LED situación futura**

| Situación Futura             |            |          |              |               |
|------------------------------|------------|----------|--------------|---------------|
| Tecnología                   | Potencia W | Cantidad | Potencia kW  | Ce kWh/mes    |
| Tubo LED<br>T8 18W           | 18         | 154      | 2.772        | 609.84        |
| Tubo LED<br>T8 8W            | 8          | 8        | 0.064        | 14.08         |
| Lámpara LED<br>ADO 4W        | 4          | 23       | 0.092        | 20.24         |
| Luminaria LED<br>BILLBOARD   | 36         | 4        | 0.144        | 15.84         |
| Luminaria LED<br>NICHIA 24 W | 24         | 3        | 0.072        | 17.424        |
|                              |            |          | <b>3.144</b> | <b>677.42</b> |

Como se muestra en la tabla anterior la demanda de potencia con la tecnología LED disminuiría a **3.144 kW** y se consumiría **8,129.1 kWh/año**, lo cual equivale a **U\$ 1,718.44** al año.

### **Ahorro energético anual previsto:**

Se dejará de consumir **12,127.63 kWh/año**, además que se reducirá **4.51 kW** de la demanda por potencia en sistema de iluminación, quedando así una demanda de potencia de **3.14 kW**.

### **Variables ambientales:**

Se reducen las emisiones indirectas de CO<sub>2</sub>, como se dejara de consumir **12,127.63 kWh/año**, esto equivale a dejar de emitir de manera indirecta **6.4** toneladas de CO<sub>2</sub> al año.

### **Factores económicos:**

**Inversión:** la inversión consiste en adquirir luminarias de tecnología LED, la cual tiene una inversión estimada de **U\$ 7,443.2**. La vida útil de estas luminarias es de 50,000 horas, teniendo en cuenta que en la institución las luminarias pasan encendidas 10 horas al día, la vida útil de las luminarias LED en años es equivalente a 18 años.

**Ahorro económico:** Se dejará de consumir **12,127.63 kWh/año**, equivalente a **U\$ 2,661.703** por año. Además se obtendrá una reducción de demanda de potencia de **4.51 kW**, obteniéndose así un ahorro por demanda de potencia de **U\$ 1369.1** al año. El beneficio económico anual es de **U\$ 13,496.73**.

**Periodo de Recuperación:** la inversión se estaría recuperando en un periodo de 0.55 años, o sea aproximadamente en un periodo de 6 meses.

**Tabla 27. Resumen de la opción de mejora # 2**

| <b>Ahorro Energético</b>       |                    |  |                   |
|--------------------------------|--------------------|--|-------------------|
| <b>Actualidad</b>              |                    | <b>Propuesta</b>                                   |                   |
| <b>Consumo Anual</b>           | 20,256.72 kWh/año. | <b>Ahorro del consumo anual</b>                    | 12,127.63 kWh/año |
| <b>Pagos económico anual</b>   | 4,380.14 U\$/año   | <b>Ahorro de pagos económicos</b>                  | 2,661.70 U\$/año  |
| <b>Producción de CO2 anual</b> | 10.7 TCO2 / año    | <b>Porcentaje del ahorro de consumo de energía</b> | 59.87%            |
| <b>Factor de emisión</b>       | 0.53 TCO2 / MWh    | <b>Reducción de CO2 anual</b>                      | 6.4 TCO2 /año     |
| <b>Costos</b>                  |                    |  |                   |
| <b>Costo de Inversión</b>      |                    | <b>U\$ 7,443.2</b>                                 |                   |

**Tabla 28. Índice de Rentabilidad para la propuesta de mejora # 2**

| <b>Índices de rentabilidad</b>                                |                     |
|---|---------------------|
| <b>Periodo de Recuperación</b>                                | <b>0.55 años</b>    |
| <b>Periodo considerado para el cálculo de la TIR y el VPN</b> | <b>5 años</b>       |
| <b>Vida útil de los equipos</b>                               | <b>18 años</b>      |
| <b>Tasa de descuento</b>                                      | <b>15 %</b>         |
| <b>Tasa Interna de Retorno (TIR)</b>                          | <b>181 %</b>        |
| <b>Valor Presente Neto (VPN)</b>                              | <b>\$ 37,799.93</b> |

### 5.5.3 Instalar un sistema de paneles fotovoltaicos de inyección directa para suplir el consumo eléctrico del edificio # 1

**Situación actual.** El consumo anual del edificio # 1 es aproximadamente de **261,904.188 kWh al año**, equivalente a **U\$ 53,350.85** anual. Basado en el perfil de carga del edificio, se registró una demanda de potencia promedio de 60 kW. Teniendo en cuenta la operación del edificio de 9 am hasta las 5 pm, se realizó el análisis de esta medida, obteniéndose los siguientes resultados.<sup>23</sup>

**Situación futura:** dadas las condiciones climáticas existentes en Managua, se recomienda instalar un sistema de paneles fotovoltaicos que supla 36.27 kW instalados con inyección directa.

**Ahorro energético anual previsto:** instalando los paneles fotovoltaicos se dejara de consumir **244.89 kWh** por día que equivale a **64,650.96 kWh** al año, esto representa el 24.6 % del consumo total del edificio #1.

#### **Factores económicos:**

**Inversión:** consiste en la adquisición de un sistema fotovoltaico de inyección directa, (117 paneles solares de 310 Wp cada uno), lo cual representa una inversión de **U\$ 81,435.89**. La vida útil del sistema es de 25 años.

**Ahorro económico:** se dejara de consumir anualmente 64,650.96 kWh, lo que equivale a **U\$ 13,169.64**.

---

<sup>23</sup> Anexo. # 7 Gráfico de ahorro de energía eléctrica con los paneles fotovoltaicos.

**Periodo de recuperación:** al implementar la opción de mejora, la inversión se recuperaría en 6.18 años.

**Tabla 29. Resumen de la opción de mejora # 3**

| <b>Ahorro Energético</b>       |                   |  |                   |
|--------------------------------|-------------------|--|-------------------|
| <b>Actualidad</b>              |                   | <b>Propuesta</b>                                   |                   |
| <b>Consumo Anual</b>           | 261,904.2 kWh/año | <b>Ahorro del consumo anual</b>                    | 64,650.96 kWh/año |
| <b>Pagos económico anual</b>   | 52,380.83 U\$/año | <b>Ahorro de pagos económicos</b>                  | U\$ 13,169.64     |
| <b>Producción de CO2 anual</b> | 11.6 TCO2/año     | <b>Porcentaje del ahorro de consumo de energía</b> | 24.6 %            |
| <b>Factor de emisión</b>       | 0.53 TCO2 / MWh   | <b>Reducción de CO2 anual</b>                      | 34 TCO2 /año      |
| <b>Costos</b>                  |                   |  |                   |
| <b>Costo de Inversión</b>      |                   | <b>U\$ 81,435.89</b>                               |                   |

**Tabla 30. Índice de rentabilidad para la opción de mejora # 3**

| <b>Índices de rentabilidad</b>                                |                  |
|---|------------------|
| <b>Periodo de Recuperación</b>                                | <b>6.18 años</b> |
| <b>Periodo considerado para el cálculo de la TIR y el VPN</b> | <b>20 años</b>   |
| <b>Vida útil de los equipos</b>                               | <b>25 años</b>   |
| <b>Tasa de descuento</b>                                      | <b>15 %</b>      |
| <b>Tasa Interna de Retorno (TIR)</b>                          | <b>15 %</b>      |
| <b>Valor Presente Neto (VPN)</b>                              | <b>\$ 997.25</b> |

## Factibilidad de la inversión total

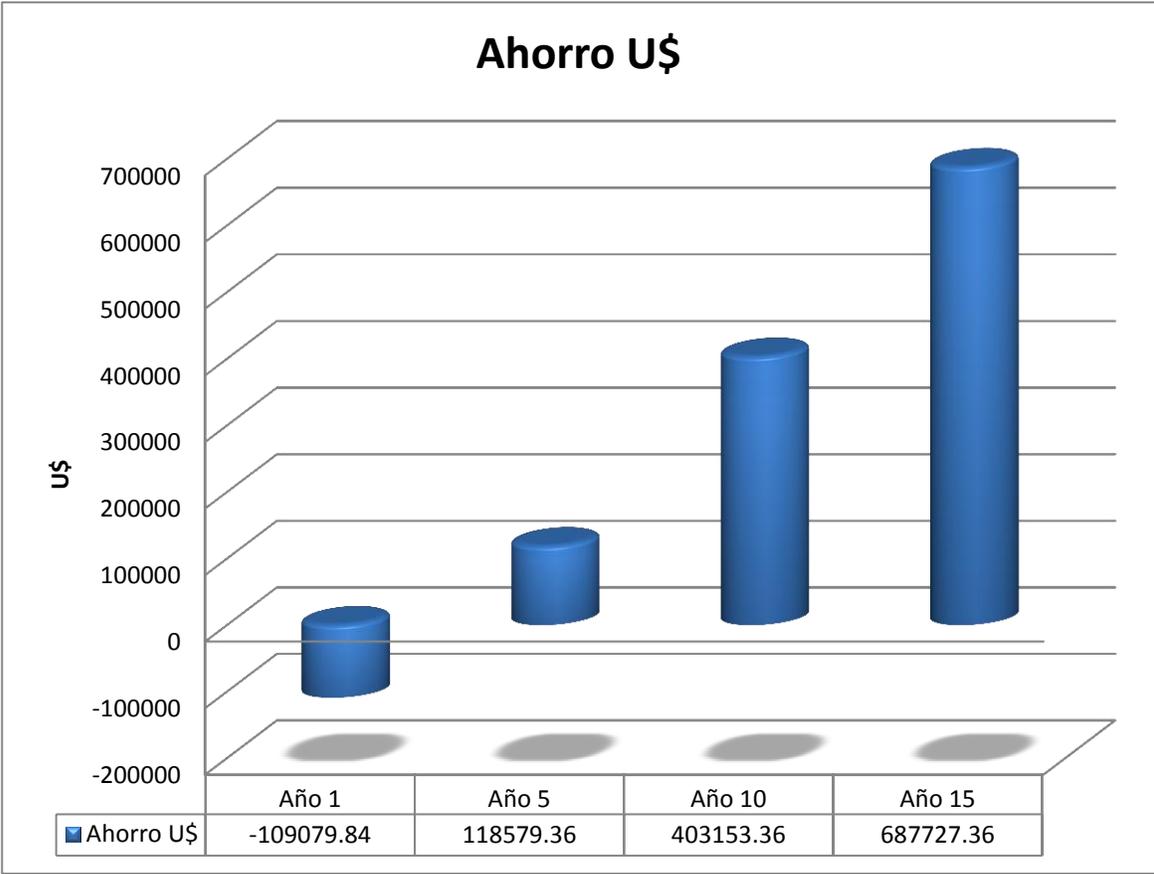
El Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) están evaluados para un periodo de 5 años, para los dos primeros casos de mejoras y para el tercero esta evaluado para un periodo de 20 años y una tasa de interés del 15 %.

**Tabla 31. Factibilidad de la Inversión**

| Opción  | Inversión U\$     | Ahorro (U\$/año) | VPN U\$          | TIR %      | Periodo de Recuperación |
|---|-------------------|------------------|------------------|------------|-------------------------|
| Sustituir el sistema de climatización por alta eficiencia | 77,115.55         | 30,248.43        | 24,281.88        | 39%        | 2.55                    |
| Sustituir el sistema de iluminación por tecnología LED    | 7,443.20          | 13,496.73        | 37,799.93        | 181%       | 0.55                    |
| Instalar paneles fotovoltaicos de inyección directa       | 81,435.89         | 13,169.64        | 997.25           | 15%        | 6.18                    |
| <b>Resumen</b>  | <b>165,994.64</b> | <b>56,914.80</b> | <b>24,792.60</b> | <b>34%</b> | <b>2.92</b>             |

Haciendo la factibilidad económica se puede observar que la mejora 1 y 2 resulta factible, y la mejora 3 (paneles fotovoltaicos) no resulta factible a un periodo de 5 años ya que el VPN es negativo, pero evaluándolo hasta 20 años resulta factible, sin embargo aplicando las 3 opciones de mejoras, al final resulta factible toda la inversión en un corto plazo de 5 años y la vida útil de los equipos es de 15, 18 y 25 años respectivamente.

A continuación se presenta el ahorro total que tendrá toda la institución a lo largo de 15 años, estos ahorros son ya pagando la inversión total de las opciones de mejoras.



**Gráfico 11. Ahorro durante 15 años pagando la inversión total**

Como se puede observar del grafico de ahorros totales, durante el primer año después de la inversión, aún no tendrán ahorros económicos sino hasta el año 5 en donde ya se ha pagado dicha inversión, cabe señalar que esta inversión se pagara sola con los ahorros económicos obtenidos a lo largo de la vida útil de los equipos. Pasados 15 años luego de la inversión se obtendrá un ahorro económico de **U\$ 687,727.36**.

## VI. Conclusiones

El desarrollo de la auditoría energética en la Fuerza Aérea ha permitido detectar los diversos problemas de eficiencia energética que posee la institución, haciendo el estudio en los dos edificios, se identificaron que los mayores problemas de eficiencia energética pertenecen al área de climatización e iluminación.

Realizando las mediciones puntuales en cada equipo, se logró identificar el estado actual de operación de los equipos, pudiendo determinar que todos los aires acondicionados trabajan con baja eficiencia energética.

Elaborando el balance de energía, se logró determinar qué áreas y equipos que consumen la mayor cantidad de energía eléctrica, siendo estos el área de climatización con un 70 % del consumo total de energía eléctrica consumida.

En el área de climatización poseen equipos de eficiencia baja, se propuso el cambio de los equipos actuales por equipos de alta eficiencia, lo cual esto llevara a obtener buenos resultados en cuanto a consumo de energía eléctrica y por ende proporcionará a la institución grandes ahorros económicos.

Se realizó la factibilidad técnica, económica y ambiental de las medidas de ahorro propuestas; La inversión estimada es de **U\$165,994.64** y esta inversión generará un ahorro económico de **U\$ 56,914.80** al año, el periodo de recuperación de dicha inversión es en 3 años.

El presenta trabajo cumple con el propósito para el que fue elaborado, el de presentar un plan de alternativas de ahorro para la disminución del consumo de energía eléctrica en los edificios estudiados.

## VII. Recomendaciones

- Para que los aires trabajen con mayor eficiencia y consuman menos energía eléctrica se debe, cerrar adecuadamente los cielos falsos, grietas en paredes, sellos de puertas, para evitar la inserción de aire caliente en las áreas climatizadas, y así implementar para todos los aires una temperatura estándar de 24°C.
- Apagar los equipos de acondicionamiento de aire e iluminarias en las áreas desocupadas, así como Contemplar la posibilidad de apagar los equipos de acondicionamiento de aire en oficinas; Durante las horas de refrigerio y una hora o media hora antes de la hora de salida.
- Para el edificio # 2, cambiar los cables de conducción de la energía eléctrica ya que los existentes tienen muchos años de uso y así evitar pérdidas de energía eléctrica por efecto Joule; y así hacer una mejor distribución de la energía eléctrica cambiando los paneles eléctricos y rotulando los breaker, para así tener un mejor conocimiento de las áreas que cubrirá un solo panel.
- Debido a que las inversiones económicas en la implementación de las medidas de eficiencia energética son altas, se recomienda realizar un plan de inversión escalonado de tal manera que no se afecte a si otros proyectos de inversión.
- Se debe de capacitar o de informar a todo el personal que trabajan en la Fuerza Aérea del uso adecuado de la energía eléctrica, con el fin de que todos sean conscientes de que se debe implementar un ahorro energético.

## VIII. Bibliografía

- [http://www2.eie.ucr.ac.cr/~jromero/sitio-TCU-oficial/normativa/archivos/USO\\_EFICIENTE\\_ENERGIA.pdf](http://www2.eie.ucr.ac.cr/~jromero/sitio-TCU-oficial/normativa/archivos/USO_EFICIENTE_ENERGIA.pdf)
- <http://www.igse.es/eficiencia-energetica/auditoria-energetica/>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Auditor%C3%ADa\\_energ%C3%A9tica](http://es.wikipedia.org/wiki/Auditor%C3%ADa_energ%C3%A9tica)
- [http://www.edutecne.utn.edu.ar/energia\\_ure\\_mendoza\\_2012/09-metodologias-FRM.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/energia_ure_mendoza_2012/09-metodologias-FRM.pdf)
- <https://www.cre.com.bo/WebCre/empresas/eficiente.htm>
- <http://www.ine.gob.ni/DGE/normativas/TARIFA.pdf>
- <http://www.ine.gob.ni/oaip/ajustestarifarios/2013/INE-CD-004-06-2013.pdf>
- [http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke\\_factor\\_potencia/ke\\_factor\\_potencia\\_4.htm](http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_factor_potencia/ke_factor_potencia_4.htm)
- <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Tecnologias/climatizacion.pdf>
- [http://www.alipso.com/monografias4/Eficiencia\\_energetica\\_en\\_iluminacion/Eficiencia\\_energetica\\_en\\_iluminacion\[1\].pdf](http://www.alipso.com/monografias4/Eficiencia_energetica_en_iluminacion/Eficiencia_energetica_en_iluminacion[1].pdf)
- [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_5573\\_GT\\_iluminacion\\_oficinas\\_01\\_dacd0f81.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5573_GT_iluminacion_oficinas_01_dacd0f81.pdf)
- <http://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint1.html>
- <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/AhorroyUsoEficdeEnergiaElec2daEdic.pdf>
- Normas técnicas de higiene y seguridad

# ANEXOS

## Anexo # 1 Pliego tarifario actualizada en Agosto de 2015

### INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ENERGÍA ENTE REGULADOR

TARIFAS ACTUALIZADAS A ENTRAR EN VIGENCIA EL 1 DE AGOSTO DE 2015

AUTORIZADAS PARA LAS DISTRIBUIDORAS DISNORTE Y DISSUR

| MEDIA TENSION (VOLTAJE PRIMARIO EN 13.8 Y 24.9 kV) |  |          |  |                   |                       |  |
|--|--|----------|--|-------------------|-----------------------|--|
| TIPO DE TARIFA                                     | APLICACIÓN   | TARIFA   |  | CARGO POR         |                       |  |
|  |  | CÓDIGO   | DESCRIPCIÓN                                    | ENERGÍA (C\$/kWh) | POTENCIA (C\$/kW-mes) |  |
| GENERAL MAYOR                                      | Carga contratada mayor de 25 kW para uso general (Establecimientos Comerciales, Oficinas Públicas y Privadas Centro de Salud, Hospitales, etc) | T-2D     | TARIFA BINOMIA SIN MEDICION HORARIA ESTACIONAL |                   |                       |  |
|  |  |          | Todos los kWh                                  | 5.1400            |                       |  |
|  |  | T-2E     | TARIFA BINOMIA CON MEDICION HORARIA ESTACIONAL |                   |                       |  |
|  |  |          | Verano Punta                                   | 8.3668            |                       |  |
|  |  |          | Invierno Punta                                 | 8.1002            |                       |  |
|  |  |          | Verano Fuera de Punta                          | 5.7817            |                       |  |
| Invierno Fuera de Punta                            | 5.5877   |          |  |                   |                       |  |
| Verano Punta                                       |  |          | 840.8845                                       |                   |                       |  |
| Invierno Punta                                     |  | 525.1457 |  |                   |                       |  |
| Verano Fuera de Punta                              |  | 0.0000   |  |                   |                       |  |
| Invierno Fuera de Punta                            |  | 0.0000   |  |                   |                       |  |
| INDUSTRIAL MEDIANA                                 | Carga contratada mayor de 25 y hasta 200 kW para uso Industrial (Talleres, Fábricas, etc.)   | T-4D     | TARIFA BINOMIA SIN MEDICION HORARIA ESTACIONAL |                   |                       |  |
|  |  |          | Todos los kWh                                  | 4.2515            |                       |  |
|  |  | T-4E     | TARIFA BINOMIA CON MEDICION HORARIA ESTACIONAL |                   |                       |  |
|  |  |          | Verano Punta                                   | 6.2335            |                       |  |
|  |  |          | Invierno Punta                                 | 6.0301            |                       |  |
|  |  |          | Verano Fuera de Punta                          | 4.1437            |                       |  |
| Invierno Fuera de Punta                            | 4.0061   |          |  |                   |                       |  |
| Verano Punta                                       |  |          | 626.2890                                       |                   |                       |  |
| Invierno Punta                                     |  | 391.1319 |  |                   |                       |  |
| Verano Fuera de Punta                              |  | 0.0000   |  |                   |                       |  |
| Invierno Fuera de Punta                            |  | 0.0000   |  |                   |                       |  |
| INDUSTRIAL MAYOR                                   | Carga contratada mayor de 200 kW para uso Industrial (Talleres, Fábricas, etc)   | T-5D     | TARIFA BINOMIA SIN MEDICION HORARIA ESTACIONAL |                   |                       |  |
|  |  |          | Todos los kWh                                  | 4.3615            |                       |  |
|  |  | T-5E     | TARIFA BINOMIA CON MEDICION HORARIA ESTACIONAL |                   |                       |  |
|  |  |          | Verano Punta                                   | 6.4471            |                       |  |
|  |  |          | Invierno Punta                                 | 6.2370            |                       |  |
|  |  |          | Verano Fuera de Punta                          | 4.2599            |                       |  |
| Invierno Fuera de Punta                            | 4.1202   |          |  |                   |                       |  |
| Verano Punta                                       |  |          | 652.7141                                       |                   |                       |  |
| Invierno Punta                                     |  | 407.6291 |  |                   |                       |  |
| Verano Fuera de Punta                              |  | 0.0000   |  |                   |                       |  |
| Invierno Fuera de Punta                            |  | 0.0000   |  |                   |                       |  |
| PEQUEÑAS CONCESIONARIAS                            | Para uso exclusivo de pequeñas distribuidoras de energía eléctrica   | TPC      | TARIFA MONOMIA                                 |                   |                       |  |
|  |  |          | Todos los kWh                                  | 3.2972            |                       |  |

## Anexo # 2 Cotización de los Aires Acondicionados.



**Compañía:** Privado  
**Proyecto:** Privado  
**Representante:** Carlos Marín, Raymundo Barcia  
**Email:** [carlosmarin1407@gmail.com](mailto:carlosmarin1407@gmail.com)  
**Email:** [raymondobarcia@energetica.cl](mailto:raymondobarcia@energetica.cl)  
**Móvil:**  
**Referencia:** Instalación de Suministros de Aire Acondicionados.

**Cotización #:** CPM-220715-00049-A  
**Fecha de emisión:** 22/07/15  
**Fecha de expiración:** 6/08/15  
**Código Asesor:** CL

| DESCRIPCIÓN  | CANT. | UM    | PRC. UNITARIO | PRC. TOTAL    |
|--|-------|-------|---------------|---------------|
| <b>Unidades Minic Splits Pared INVERTER</b><br>Marca: Mcquay ( producto Daikin )<br>Eficiencia: SEER 21 ( Alta Eficiencia)<br>Capacidad: 24.000 BTU/Hr<br>Refrigerante: R-410a<br>Voltaje: 208 - 230 V / 60 Hz/ 1 Ph   | 6     | Unid. | U\$ 1,381.00  | U\$ 8,806.00  |
| <b>Unidades Minic Splits Piso Techo INVERTER</b><br>Marca: Mcquay ( producto Daikin )<br>Eficiencia: SEER 17 ( Alta Eficiencia)<br>Capacidad: 36.000 BTU/Hr<br>Refrigerante: R-410a<br>Voltaje: 208 - 230 V / 60 Hz/ 1 Ph  | 6     | Unid. | U\$ 2,346.00  | U\$ 11,726.00 |
| <b>Unidades Minic Splits Piso Techo</b><br>Marca: Mcquay ( producto Daikin )<br>Eficiencia: SEER 16 ( Alta Eficiencia)<br>Capacidad: 60.000 BTU/Hr<br>Refrigerante: R-410a<br>Voltaje: 208 - 230 V / 60 Hz/ 1 Ph   | 4     | Unid. | U\$ 2,968.00  | U\$ 11,824.00 |
| <b>Unidades Central DuoFos 2 ETAPAS</b><br>Marca: Mcquay ( producto Daikin )<br>Eficiencia: SEER 18 ( Super Alta Eficiencia)<br>Capacidad: 60.000 BTU/Hr<br>Refrigerante: R-410a<br>Voltaje: 208 - 230 V / 60 Hz/ 1 Ph   | 7     | Unid. | U\$ 4,118.00  | U\$ 28,812.00 |
| <b>Suministro e Instalación de protectores contra variaciones de voltaje Marca Wagner</b><br>+ Contactor monofásico con bobina 220 v<br>Protege tarjeta de evaporador y tarjeta de condensador   | 17    | Unid. | U\$ 80.00     | U\$ 1,380.00  |
| <b>Instalaciones de equipos de aire acondicionado.</b><br>Incluye: Bases metálicas, fabricadas con angulares de hierro negro.<br><br>Tubería de cobre Rígido con sus accesorios y aislamiento<br><br>Interconexión eléctrica entre evaporador y condensador.<br><br>Pruebas de arranque y puesta en marcha, realizada por personal técnico capacitado.<br><br>Gastos de logística para el personal ejecutor. | 1     | Glb.  | U\$ 6,170.00  | U\$ 6,170.00  |
| <b>SUB TOTAL</b>   |       |       |               | U\$ 65,696.00 |
| <b>I.V.A.</b>  |       |       |               | U\$ 9,854.40  |
| <b>TOTAL</b>   |       |       |               | U\$ 76,660.40 |

*Carlos Adán Marín, Raymundo Barcia*

**TERMINOS Y CONDICIONES**

|                  |                      |  |
|------------------|----------------------|--|
| <b>Garantía:</b> | <b>Partes:</b>       | <b>1 año</b>   |
|                  | <b>Compresor:</b>    | <b>5 años (Siempre y cuando este protegido contra fallas de energía)</b> |
|                  | <b>Mano de Obra:</b> | <b>6 meses</b>   |

**Condiciones:** Siempre y cuando las fallas sean debidas a defectos de fabricación.  
 No cubre daños ocasionados por: Fallas eléctricas ajenas al (los) equipo(s)  
 Negligencias y/o trabajos realizados por terceros.  
 Catastrofes naturales.  
 Incendios.  
 Asonados y/o huelgas.  
 Y/o ajenos a defectos de fabricación.

|                          |  |               |
|--------------------------|--|---------------|
| <b>Términos de Pago:</b> | <b>Acuerdo:</b>                              | <b>Pagos</b>  |
|                          | <b>Adelanto:</b>                             | <b>50.00%</b> |
|                          | <b>Ejecuciones de Obras*:</b>                | <b>25.00%</b> |
|                          | <b>Entrega de equipos:</b>                   | <b>20.00%</b> |
|                          | <b>Finalización de trabajos contratados:</b> | <b>5.00%</b>  |

\* Se presentarán avalúos por avance de obra cada Cinco (5) días; los cuales, deberán ser aprobados a más tardar Dos (2) días posterior a esta presentación de avalúo. La cancelación de los montos aprobados deberán ser Ocho (3) días posteriores a esta aprobación.

Elaborar cheque a nombre de: Energética, S.A

|                            |   |       |
|----------------------------|---|-------|
| <b>Tiempos de entrega:</b> | Unidades de aire acondicionado              |       |
|                            | Instalaciones de sistemas de refrigeración  |       |
|                            | Instalaciones de sistemas de ductería       | N/A   |
|                            | Conexiones, pruebas, balanceos y arranques: | 1 día |

Previo al Inicio de cualquier trabajos, se coordinará con los supervisores y/o encargados del proyecto o Instalaciones: los pases de ductería o tubería a través de paredes, cielos, techos, entre otros. Para evitar Interferencias con obras existentes o por construirse; o conflictos de trabajo con otras especialidades.

**Observaciones:** Energética, S.A no se hace responsable por atrasos generados por las obras civiles y/o Eléctricas.

**Trabajos no Incluidos:** **Eléctricos:** Canalización y alambrado de alimentaciones eléctricas a Cero (0) metros de las conexiones (borneras) de cada uno de los equipos que apliquen a la compra e instalación, tales como Aire Acondicionado, Extracción, Inyección y Ventiladores. Nuestro personal, solamente, realizará las coordinaciones con los responsables de estos trabajos y posterior a la instalaciones realizaremos las conexiones, pruebas y puesta en marcha.

Suministro de energía para realizar los trabajos descritos; pruebas y puesta en marcha.

Se sugiere la instalación de enchufes (110 V) en las losas o techo, donde estarán ubicados los condensadores para servicios, post-instalaciones, de las unidades.

**Piomeria:** Se requieren las esperas para drenaje de condensación en cada una de las unidades evaporadores. Las ubicaciones coordinarán con el especialista designado para estos trabajos.

Se sugiere la instalación de grifos y coladeras, en las áreas cercanas a la ubicación de los condensadores y manejadoras, para fines de servicios post-puesta en marcha.

Suministro de agua y baños para el personal.

**Obras civiles:** Aperturas, refuerzos y acabados en paredes, techos, cielos rasos, pisos y/o suelo; donde se requiera, para las instalaciones de sistemas de refrigeración, ductería y/o control.

Aperturas, refuerzos y acabados en cielos rasos y/o paredes; donde se requiera, la instalación de rejillas y difusores.

Si usted tiene alguna consulta o desea información adicional, no dude en comunicármelo.

Arq. Ari L. Zelaya  
 Asesor de Ventas  
 Email: [zelayaari@energeticanc.com](mailto:zelayaari@energeticanc.com)  
 Móvil: (505) 8484-3088 Movistar  
 (505) 8947-0828 Claro

Autorizado por:

Nombre y Firma del Cliente

### Anexo # 3. Cotización de LED.

| <p style="text-align: center;"><u>TECNOSOL</u></p> <p style="text-align: center;"><b>SUCURSAL DE CASA MATRIZ</b></p> <p style="text-align: center;">RUC No: J0310000012806</p> <p style="text-align: center;">Dirección: Rotonda Bello Horizonte 420mts al este Managua</p> <p style="text-align: center;">Teléfonos:PBX. 505-22515152 Fax.: (505) 22499871</p> <p style="text-align: center;">E-mail: info@tecnosolsa.com.ni Website: http://www.tecnosolsa.com.ni</p> |   |        |  |                 |           |                    | <p style="text-align: center;"><b>Oferta de ventas</b></p>         |             |
|---|---|--------|--|-----------------|-----------|--------------------|--|-------------|
|   |   |        |  |                 |           |                    | <p style="text-align: center;"><b>No. 5321</b></p>                 |             |
|   |   |        |  |                 |           |                    | <p style="text-align: center;">Fecha:<br/>18/Agosto/2015 16:35</p> |             |
| <p><b>Cliete: CN-99902</b> CARLOS MARIN</p>   |   |        | <p><b>Dirección:</b></p>                     |                 |           |                    |  |             |
| <p><b>Contacto:</b></p>   |   |        | <p><b>Teléfono:</b></p>                      |                 |           |                    |  |             |
| <p><b>Validez de la oferta:</b> 10 DIAS</p>   |   |        | <p><b>Plazo de entrega:</b></p>              |                 |           | <p><b>Fax:</b></p> |  |             |
| <p><b>Condición de pago:</b> Credito 30 días</p>  |   |        | <p><b>Vendedor:</b> María Gabriela Reyes</p> |                 |           |                    |  |             |
| <p><b>E-mail:</b></p>   |   |        |  |                 |           |                    |  |             |
| Id Producto   | Descripción   | Unid   | Cantidad                                     | Precio Unitario | Descuento | Sub-Total          | Impuesto   | Total Final |
| 06-02-0095  | TUBO LED AYANIE T8<br>18W-1800LM                                | UNIDAD | 1  | 25.41           | 0.00      | 25.41              | 0.00   | 25.41       |
| 06-03-0017  | LUMINARIA CALLE LED<br>NICHIA LITETRONIX<br>24W<br>BALASTRO 35W | UNIDAD | 3  | 306.63          | 0.00      | 919.89             | 137.98   | 1,057.87    |
| 06-07-0003  | P/LAMPARA DE CALLE<br>LED 24W                                   | UNIDAD | 3  | 35.59           | 0.00      | 106.77             | 16.02  | 122.79      |
| 06-02-0094  | TUBO LED AYANIE T8<br>8W-600mm                                  | UNIDAD | 1  | 18.30           | 0.00      | 18.30              | 0.00   | 18.30       |
| 06-02-0096  | LAMPARA LED ADO<br>OPTRONICS LI-87202<br>7W-110V                | UNIDAD | 1  | 7.39            | 0.00      | 7.39               | 0.00   | 7.39        |
| 06-02-0091  | LAMPARA LED ADO<br>OPTRONICS LI-87202<br>4W-110V                | UNIDAD | 1  | 6.34            | 0.00      | 6.34               | 0.00   | 6.34        |
| 06-03-0019  | LUMINARIA CALLE LED<br>LITETRONIX BILLBOARD<br>12-24V 36W       | UNIDAD | 4  | 264.33          | 0.00      | 1,057.32           | 158.60   | 1,215.92    |

*Carlos Adán Marín, Raymundo Barcia*

|   |                                |
|---|--------------------------------|
| <b>TECNOSOL</b>   | <b>Oferta de ventas</b>        |
| <b>SUCURSAL DE CASA MATRIZ</b><br>RUC No: J0310000012806  | <b>No. 5321</b>                |
| Dirección: Rotonda Bello Horizonte 420mts al este Managua<br>Teléfonos:PBX. 505-22515152 Fax.: (505) 22499871<br>E-mail: info@tecnosolsa.com.ni Website: http://www.tecnosolsa.com.ni | Fecha:<br>18/Agosto/2015 16:35 |

|   |                                       |
|---|---------------------------------------|
| <b>Cliete:</b> CN-99902 CARLOS MARIN      | <b>Dirección:</b>                     |
| <b>Contacto:</b>                          | <b>Teléfono:</b>                      |
| <b>Validez de la oferta:</b> 10 DIAS      | <b>Plazo de entrega:</b> Fax:         |
| <b>Condición de pago:</b> Credito 30 dias | <b>Vendedor:</b> María Gabriela Reyes |
| <b>E-mail:</b>                            |                                       |

| Id Producto | Descripción                                   | Unid   | Cantidad | Precio Unitario | Descuento | Sub-Total | Impuesto | Total Final |
|-------------|---|--------|----------|-----------------|-----------|-----------|----------|-------------|
| 06-07-0002  | BALASTRO 40W<br>P/LAMPARA DE CALLE<br>LED 36W | UNIDAD | 4        | 45.75           | 0.00      | 183.00    | 27.45    | 210.45      |

|                     |                       |                     |
|---------------------|-----------------------|---------------------|
| TELEFONO: 8793-2833 | Sub-Total:            | U\$ 2,324.42        |
|                     | Descuento 1:          | U\$ 0.00            |
|                     | Descuento 2:          | U\$ 0.00            |
|                     | Total Impuesto:       | U\$ 340.05          |
|                     | Otros Gastos:         | U\$ 0.00            |
|                     | <b>Total General:</b> | <b>U\$ 2,664.47</b> |
|                     | TACAM:                | 27.8000             |
| <b>Equivalente:</b> | <b>C\$ 74,072.19</b>  |                     |

**Valor en letras:** **Setenta y cuatro mil setenta y dos Córdoba con Diecinueve Centavos**

**Nota:**

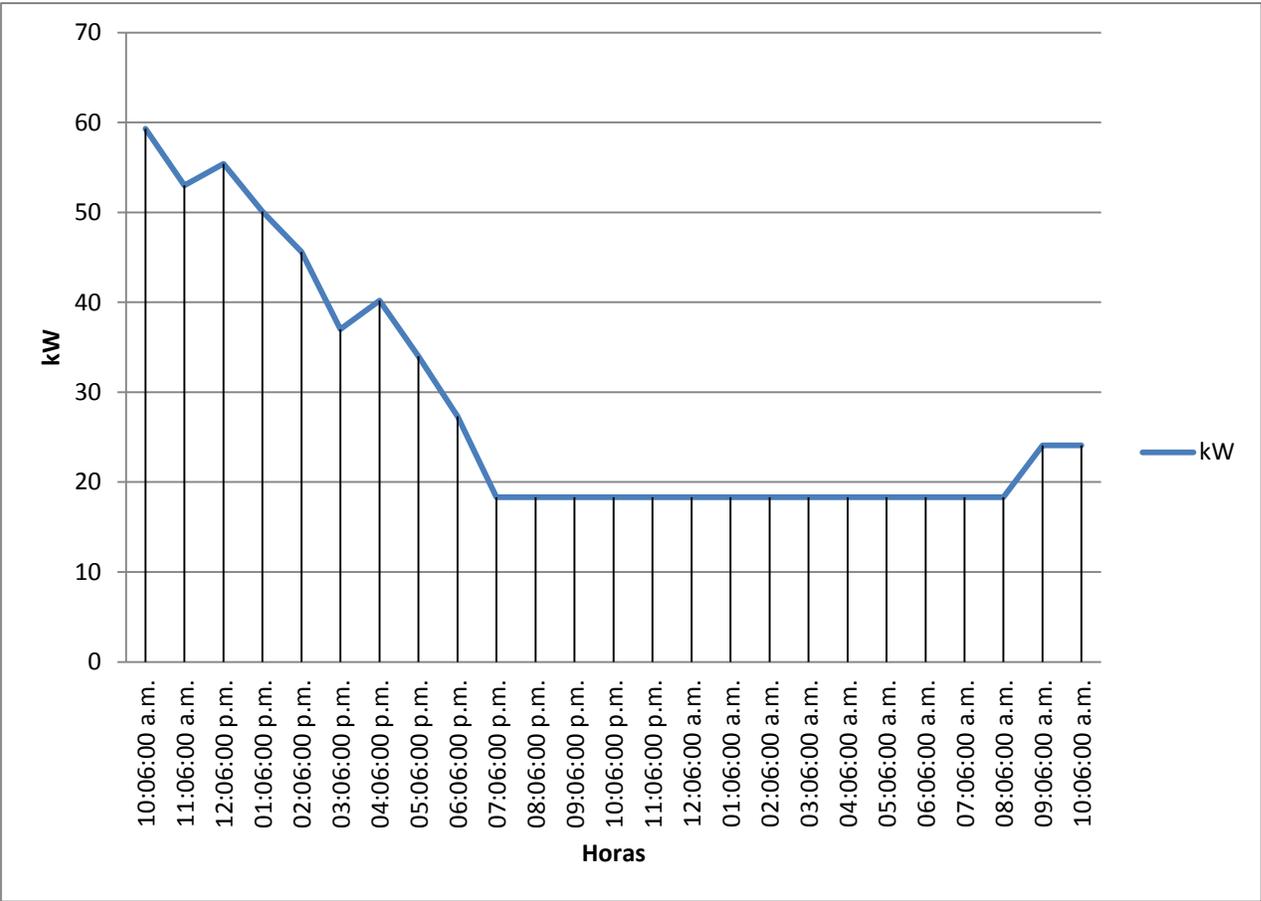
Pasado del tiempo de su validez de la oferta de venta, deberá consultar con su vendedor los posibles cambios en los precios y equipos en existencia.

Los precios de esta oferta de ventas están expresados en dólares americanos. Si el pago se realiza en moneda local (Córdoba) pagarse en base al tipo de cambio paralelo del Banco LAFISE BANCENTRO, del día en que se recibe el pago.

Elaborar cheque Certificado a nombre de TECNOSOLUCION, S.A.

Estamos Exentos de retención del IR.

**Anexo # 4. Curva de demanda energética por aires acondicionado.**



**Gráfico 12. Comportamiento de la demanda de potencia por climatización edificio #1**

## Anexo # 5. Cotización de paneles fotovoltaicos de inyección directa.



Barrio Edgar Munguía. Semáforos de ENEL Central 50 metros al sur.  
 Pista hacia UNAN.  
 t: 2278-2630/6644  
 ssinfo@sunisolar.com.  
 RUC J0310000147701

| Día | Mes | Año  |
|-----|-----|------|
| 26  | 8   | 2015 |

### Oferta Sistema Interactivo 36.27kW

|           |  |          |  |
|-----------|--|----------|--|
| Sres.     |  | Teléfono |  |
| Atención  |  | email    |  |
| Dirección |  |          |  |

| ID                 | Unds | Descripción  | Precio           | Importe     |
|--------------------|------|--|------------------|-------------|
|                    |      | <b>EQUIPOS</b>                                       |                  |             |
| CS6X-310P          | 117  | MODULO SOLAR 310W CANADIAN SOLAR                     | \$ 351.31        | \$41,103.20 |
| SB11000US-12       | 3    | INVERSOR SMA SUNNY BOY 11KW 208/240/277VAC 60HZ      | \$ 6,103.07      | \$18,309.20 |
| SWDM-US-10         | 3    | SMA, SPEEDWIRE WEBCONNECT COMMUNICATION INTERFACE DA | \$ 225.76        | \$677.29    |
|                    |      | <b>ESTRUCTURA DE MONTAJE MODULOS SOLARES</b>         |                  |             |
| 0                  | 1    | KIT ESTRUCTURAL MONTAJE MODULOS SOLARES              | \$ 6,744.68      | \$6,744.68  |
|                    |      | <b>KIT DE INSTALACION</b>                            |                  |             |
| 01-PV-10X-DJ-BLK-2 | 4    | CABLE AWG10 PARA INSTALACIONES SOLARES 1000VDC 500'  | \$ 274.31        | \$1,097.25  |
| 32.0015P0001-UR    | 18   | CONECTOR PARA MODULOS SOLARES MACHO (+)              | \$ 2.48          | \$44.63     |
| 32.0014P0001-UR    | 18   | CONECTOR PARA MODULOS SOLARES HEMBRA (-)             | \$ 2.85          | \$51.33     |
| MNFUSE15-600V      | 18   | FUSIBLE 15A 600VDC                                   | \$ 6.20          | \$111.58    |
| MNSPD-600          | 3    | ARRESTOR DE VOLTAJE 600V                             | \$ 184.42        | \$553.27    |
|                    | 30   | CABLE THHN 6 VERDE                                   | \$ 2.03          | \$60.92     |
|                    | 30   | CABLE THHN 6 NEGRO                                   | \$ 2.03          | \$60.92     |
|                    | 30   | CABLE THHN 6 ROJO                                    | \$ 2.03          | \$60.92     |
|                    | 30   | CABLE THHN 6 BLANCO                                  | \$ 2.03          | \$60.92     |
|                    | 3    | INTERRUPTOR CON TEMPORIZADOR                         | \$ 213.00        | \$639.00    |
|                    | 1    | OTROS MATERIALES DE INSTALACION                      | \$ 750.00        | \$750.00    |
|                    | 1    | INSTALACION  | \$ 5,850.00      | \$5,850.00  |
|                    |      | <b>GARANTIAS</b>                                     |                  |             |
|                    |      | MODULO SOLAR 25 AÑOS                                 | <b>Sub total</b> | \$76,175.11 |
|                    |      | INVERSOR 20 AÑOS                                     | <b>Impuesto</b>  | \$5,260.79  |
|                    |      | INSTALACION 6 MESES                                  | <b>Total</b>     | \$81,435.89 |

Validez de la oferta: 30 días

El equivalente de la oferta en córdobas se obtiene con la tasa de cambio oficial. Ítems que no estén en stock tardan 15 días hábiles para estar disponibles.

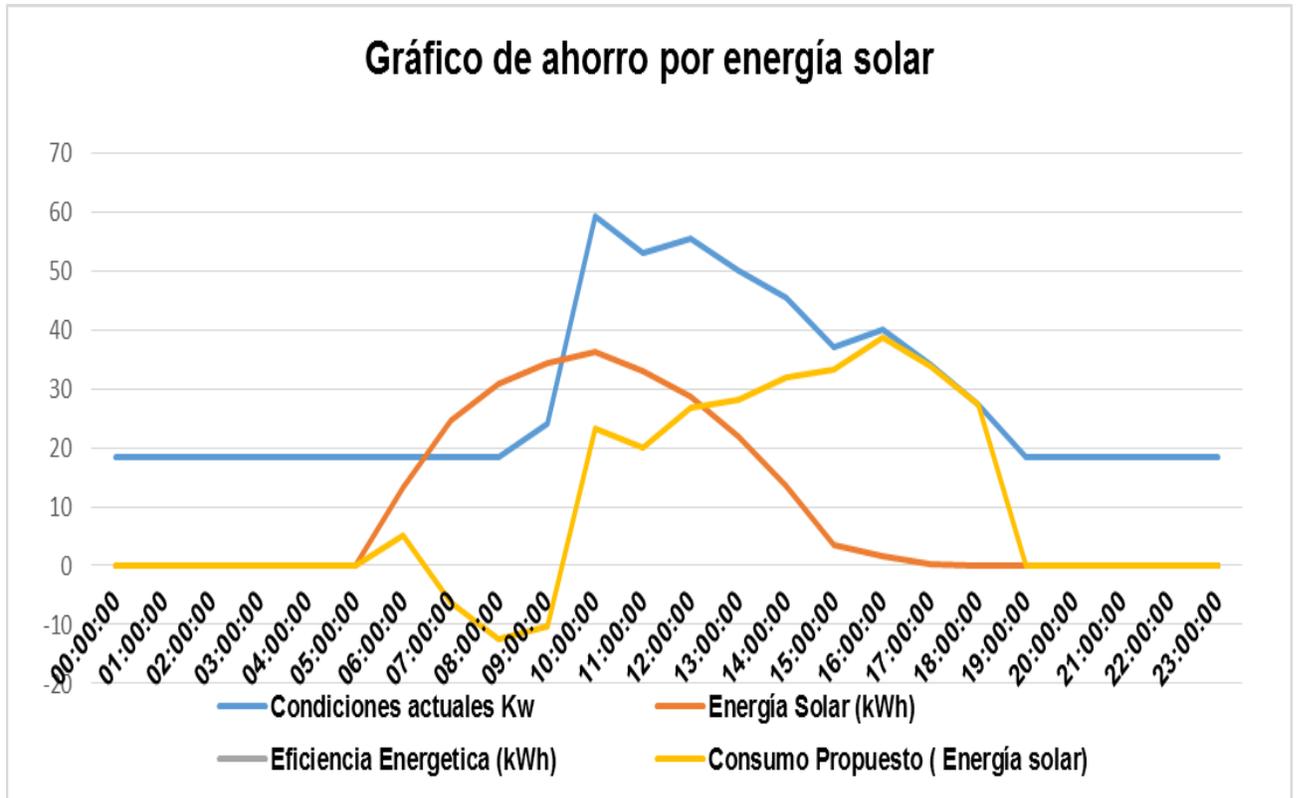
De ser aceptada la oferta, favor firmarla y enviarla al fax (505) 22782630.

DOUGLAS GONZALEZ

Entregué Conforme

Recibí Conforme

**Anexo. # 6 Gráfico de ahorro de energía eléctrica con los paneles fotovoltaicos.**



**Gráfico 13. Ahorro por energía solar**