

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**INDICADORES ENERGÉTICOS PARA LA APLICACIÓN DE LA NORMA
ISO 50001 DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA EN EL EDIFICIO DE UNIDAD
DE BIBLIOTECA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DE LA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

PRESENTADO POR:

DAVID ELISEO BATRES PAIZ

WILLIAM ENRIQUE JOYA ROMERO

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO 2024

AUTORIDADES

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

MSC. JUAN ROSA QUINTANILLA
RECTOR

LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA
SECRETARIO GENERAL

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ING. LUIS SALVADOR BARRERA MANCÍA
DECANO

ARQ. RAÚL ALEXANDER FABIÁN ORELLANA
SECRETARIO

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

ING. WERNER DAVID MELÉNDEZ VALLE
DIRECTOR INTERINO

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:
INGENIERO ELECTRICISTA

Título

**INDICADORES ENERGÉTICOS PARA LA APLICACIÓN DE LA NORMA
ISO 50001 DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA EN EL EDIFICIO DE UNIDAD
DE BIBLIOTECA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DE LA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

Presentado por

DAVID ELISEO BATRES PAIZ
WILLIAM ENRIQUE JOYA ROMERO

Trabajo de Graduación Aprobado por

Docente Asesor

PhD. CARLOS OSMÍN POCASANGRE JIMÉNEZ

SAN SALVADOR, MARZO DE 2024

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:

PhD. CARLOS OSMÍN POCASANGRE JIMÉNEZ

NOTA Y DEFENSA FINAL

En esta fecha, miércoles 7 de febrero de 2024, en la Sala de Lectura de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, a las 9:00 a.m. horas, en presencia de las siguientes autoridades de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador:

1. Ing. Werner David Meléndez Valle
Director Interino



Firma 

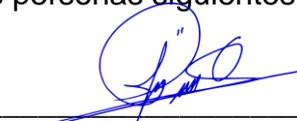
2. MSc. José Wilber Calderón Urrutia
Secretario



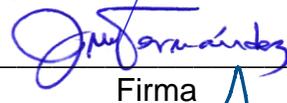
Firma

Y, con el Honorable Jurado de Evaluación integrado por las personas siguientes:

- DR. CARLOS OSMIN POCASANGRE JIMENEZ
(Docente Asesor)
- NG. JOSE MIGUEL HERNANDEZ
- ING. JOSE ROBERTO RAMOS LOPEZ



Firma



Firma



Firma

Se efectuó la defensa final reglamentaria del Trabajo de Graduación:

INDICADORES ENERGÉTICOS PARA LA APLICACIÓN DE LA NORMA ISO 50001 DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA EN EL EDIFICIO DE UNIDAD DE BIBLIOTECA, FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

A cargo de los Bachilleres:

- BATRES PÁIZ DAVID ELISEO
- JOYA ROMERO WILLIAM ENRIQUE

Habiendo obtenido en el presente Trabajo una nota promedio de la defensa final: 8.9.
(ocho punto nueve)

AGRADECIMIENTOS.

En primer lugar, agradezco a Dios todo poderoso por la vida, sabiduría, fuerza y fortaleza que siempre me brindo mediante las oraciones, también por cuidar de mí en todo momento y así poder culminar mis estudios.

Agradezco grandemente con todo mi corazón a mi papá: Valentín Batres Meza y mi mamá: Mercedes Paiz, por ese apoyo incomparable que me brindaron siempre durante este proceso académico, sin ellos no fuera posible cumplir mis objetivos. Con el cariño y apoyo de ellos es que día tras día me prometía cumplir cada meta sin importar las dificultades.

Agradezco a todos mis hermanos y hermanas que creyeron en mí sin importar las dificultades que se presentaron durante este proceso, siempre confiaron en mí, principalmente a mi hermano Pedro Valentín Batres Paiz, que fue uno de los que me apoyo desde el inicio de mi carrera económicamente me brindo mucho apoyo desde antes que iniciara el proceso de esta carrera universitaria.

A Olga Emely Amaya Pérez, por ser una de las personas más increíbles que he conocido y siempre brindarme ese apoyo incondicional, por darme ánimos a siempre seguir adelante, por su compañía y nunca dejar de creer en mí.

A mi compañero de tesis William Enrique Joya Romero, por todo ese trabajo y apoyo emocional que siempre me brindo, por todas las veces que nos reunimos y trabajamos hasta tarde, por tenerme paciencia siempre durante todo este proceso.

A mis compañeros Andrés Homan Escolero López y Elmer José Campos Colato, por permitirme trabajar con ellos en las materias que cursamos y siempre apoyarme, por esa amistad que siempre me brindaron.

Le agradezco muy profundamente a mi tutor de tesis PhD. Carlos Osmín Pocasangre, por el apoyo, dedicación y paciencia, por todas las reuniones que tuvimos y darnos esos conocimientos y corregirnos siempre sin él no hubiese sido posible este gran logro. De igual manera agradecer a todos mis docentes que fueron parte de todo este camino académico y brindarme sus conocimientos.

David Batres

AGRADECIMIENTOS.

A mis padres:

Lucio Joya Márquez (Q.D.D.G), Lib Bethy Romero Blanco, María Santos Márquez con respeto y Cariño por el Apoyo, orientación y comprensión siendo los pilares necesarios que me han dado la fortaleza y ejemplo en la lucha para mi superación académica.

A mis tíos:

Wilbert Rosales, Verónica, Celina y José Luis, con cariño, aprecio y respeto, ya que siempre me apoyaron motivaron a seguir adelante y no rendirme, por sus gestos de solidaridad y fortaleza que me brindaron.

A Gabriela Ortiz:

Por estar a mi lado, ayudándome, apoyándome y motivándome en los momentos difíciles y poniendo su fe en mí.

A nuestro Docente Asesor Carlos Osmín Pocasangre Jiménez Por orientarnos en los pasos a seguir para completar el documento de investigación y brindándonos de su conocimiento para completar los objetivos.

A mi compañero de Tesis:

David Eliseo Batres Paiz Con agradecimiento por su colaboración y confianza para la elaboración de nuestro trabajo de graduación.

A mis familiares y amigos con cariño, respeto y como un recuerdo.

William Joya

MISIÓN Y VISIÓN

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

MISIÓN

La Universidad de El Salvador es una institución pública y autónoma de educación superior, científica, crítica, participativa, democrática y comprometida con el desarrollo nacional integral, con la formación de profesionales de alta calidad humana, científica, tecnológica y con el medio ambiente y la vida, en todas sus formas y manifestaciones, así como con la producción y aplicación contextualizada del conocimiento, a través de la praxis integrada de la docencia, la investigación y proyección social.

VISIÓN

Ser una universidad transformadora de la educación superior y desempeñar un papel protagónico relevante, en la transformación de la conciencia crítica y prepositiva de la sociedad salvadoreña, con liderazgo en la innovación educativa y excelencia académica, a través de la integración de las funciones básicas de la universidad, la docencia, la investigación y la proyección social.

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| Introducción | I |
| Siglas y Acrónimos | 3 |
| Delimitación del Problema..... | 5 |
| Objetivos | 7 |
| Justificación..... | 8 |
| Limitaciones y Alcances..... | 9 |
| CAPÍTULO I: MARCO CONCEPTUAL..... | 10 |
| 1.1 Conceptos de Energía:..... | 10 |
| 1.2 Clasificación de la energía | 11 |
| 1.3 Energía y Potencia..... | 11 |
| 1.4 Propiedades de la Energía | 12 |
| 1.5 Unidades de Medida de la Energía..... | 12 |
| 1.6 Auditoria Energética:..... | 13 |
| 1.7 Indicadores energéticos: | 14 |
| 1.8 Generalidades de la Norma ISO 50001 | 14 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO | 16 |
| 2.1 Antecedentes de la Norma ISO 50001 | 16 |
| 2.2 Objetivos de la Norma ISO 50001 | 16 |
| 2.3 Beneficios de la implementación de un SGE certificado en Norma ISO 50001 | 17 |
| 2.4 Modelo de Gestión de la Energía según la Norma ISO 50001..... | 19 |
| 2.5 Estructura de la Norma ISO 50001 | 20 |
| 2.5.1 Sección 1: Alcance | 20 |
| 2.5.2 Sección 2: Referencias Normativas..... | 21 |
| 2.5.3 Sección 3: Términos y Definiciones..... | 21 |
| 2.5.4 Sección 4: Contexto de la Organización | 22 |
| 2.5.5 Sección 5: Liderazgo | 22 |
| 2.5.6 Sección 6: Planificación | 23 |
| 2.5.7 Sección 7: Soporte..... | 23 |
| 2.5.8 Sección 8: Operación | 23 |
| 2.5.9 Sección 9: Evaluación del desempeño | 24 |
| 2.5.10 Sección 10: Mejora..... | 24 |
| 2.5.11 Consejos para una correcta implantación del SGen..... | 24 |
| 2.6 Normas | 25 |

| | |
|---|----|
| 2.7 Norma ISO 50002: Auditoría Energética | 25 |
| 2.7.1 Etapas del proceso de auditoría energética..... | 26 |
| 2.7.2 Clasificación de auditorías energéticas | 29 |
| 2.7.3 Niveles de las auditorías energéticas | 30 |
| 2.8 Norma ISO 50006: Sistemas de Gestión de Energía..... | 32 |
| 2.8.1 Alcance y campo de aplicación | 33 |
| 2.8.2 Obtención de información relevante del rendimiento energético a partir de revisiones anteriores. | 35 |
| 2.8.3 Identificación de los indicadores de la eficiencia energética | 36 |
| 2.8.4 Los principales tipos de EnPIs son:..... | 36 |
| 2.8.5 Establecimiento de líneas de base energéticas | 36 |
| 2.8.6 Uso de indicadores y líneas base energéticos..... | 37 |
| 2.8.7 Mantenimiento y ajuste de indicadores y líneas base..... | 37 |
| 2.9 Norma ISO 50015: Sistemas de gestión de la energía, Medición y Verificación del rendimiento energético de las organizaciones | 38 |
| 2.10 IEEE Práctica recomendada para la Gestión de la Energía en Instalaciones Industriales y Comerciales (Libro de Bronce) | 40 |
| 2.10.1 Organización para la gestión de la energía | 41 |
| 2.10.2 Organización del programa | 43 |
| 2.11 Guía para la calificación de consultores en eficiencia energética | 44 |
| 2.11.1 Partes de un informe de auditoría | 46 |
| 2.11.2 Metodologías de análisis energético | 47 |
| 2.11.3 Indicadores Energéticos..... | 47 |
| 2.11.4 Fuentes de información | 48 |
| 2.11.5 Evaluación de Propuestas | 49 |
| 2.11.6 Elementos de las instalaciones eléctricas | 50 |
| 2.11.7 Características de importancias de las lámparas y luminarias..... | 51 |
| 2.11.8 Oportunidades de mejora a nivel de la demanda energética..... | 52 |
| 2.11.9 Oportunidades de mejora de la eficiencia energética a nivel de los procesos y tecnologías | 53 |
| 2.11.10 Oportunidades de mejora de eficiencia energética a nivel del recurso energético | 53 |
| 2.11.11 Eficiencia en energía térmica..... | 54 |
| 2.11.12 Opciones de financiamiento para proyectos de eficiencia energética | 55 |
| 2.11.13 Evaluación y seguimiento de un proyecto de EE | 56 |
| 2.12 NORMA TÉCNICA SALVADOREÑA NTS 27.47.01:23..... | 58 |
| 2.12.1 Eficiencia Energética. Especialista en eficiencia energética. Requisitos de competencia | 58 |

| | |
|---|----|
| 2.12.2 Requisitos de experiencia..... | 59 |
| 2.12.3 Requisitos de habilidades..... | 59 |
| 2.12.4 Actividades de eficiencia energética que demuestran competencia..... | 59 |
| 2.12.5 Planes de mejora del desempeño energético..... | 61 |
| 2.12.6 Participación y resultados..... | 62 |
| 2.12.7 Implementación de planes de mejora del desempeño energético..... | 62 |
| 2.12.8 Documento de verificación de reglamentos y/o normas..... | 63 |
| 2.12.9 Documento de verificación de la política de desempeño energético..... | 64 |
| 2.12.10 Propuesta de fortalecimiento del plan de mejora..... | 65 |
| 2.12.11 Evaluación de seguimiento del plan de mejora del desempeño energético..... | 66 |
| 2.13 ISO/IEC 17024. EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD. REQUISITOS GENERALES PARA LOS ORGANISMOS QUE REALIZAN CERTIFICACIÓN DE PERSONAS..... | 68 |
| 2.13.2 Desarrollo y mantenimiento de un esquema de certificación..... | 69 |
| 2.13.3 Requisitos para el personal del organismo de certificación..... | 71 |
| 2.13.4 Evaluación..... | 73 |
| 2.14 Antecedentes de la Eficiencia Energética..... | 75 |
| 2.14.1 Ventajas de la Eficiencia Energética..... | 75 |
| 2.14.2 Ámbitos de aplicación de la Eficiencia Energética..... | 75 |
| 2.15 Eficiencia Energética en El Salvador..... | 76 |
| 2.16 Antecedentes del Sector Energético en El Salvador..... | 76 |
| 2.17 Antecedentes de la Energía Eléctrica en El Salvador..... | 81 |
| 2.18 Antecedentes De La Universidad De El Salvador UES..... | 82 |
| 2.19 Antecedentes De La Universidad De El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental UES FMO. | 83 |
| 2.20 Antecedentes Del Edificio De La Unidad Bibliotecaria De La UES FMO..... | 84 |
| CAPÍTULO III: MARCO LEGAL..... | 88 |
| 3.1 Normativas SIGET..... | 88 |
| 3.2 Normativas del El Salvador en el Ámbito Energético..... | 92 |
| 3.2.3 Política Energética de El Salvador..... | 92 |
| 3.2.4 Política de Ahorro y Austeridad del Sector Público..... | 92 |
| 3.2.5 Ley Orgánica de la Universidad de El Salvador..... | 93 |
| 3.2.6 Reglamento general para la instalación y funcionamiento de servicios esenciales de alimentación, elaboración de documentos y otros servicios afines..... | 93 |
| CAPÍTULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO..... | 94 |
| 4.1 Enfoque de la Investigación..... | 94 |

| | |
|--|-----|
| 4.2 Universo, Población y Muestra | 94 |
| 4.3 Técnicas e instrumentos de recolección de la información: | 96 |
| 4.4 Validación de instrumentos de recolección de la información | 96 |
| 4.5 Estrategias de recolección, procesamiento y análisis de la información | 96 |
| 4.5.1 Instrumentos de medición utilizados:..... | 97 |
| 4.5.2 Procesamiento de datos | 98 |
| 4.5.3 Análisis de datos..... | 98 |
| 4.6 Programas utilizados y levantamiento de la Unidad Bibliotecaria FMO. | 98 |
| 4.6.2 Diseño Y Levantamiento Del Edificio Unidad Biblioteca FMO..... | 106 |
| CAPITULO V Análisis e Interpretación de Resultados | 135 |
| 5. 1 Análisis de los Resultados de Encuesta..... | 135 |
| 5.2 Resultados y Análisis de Mediciones en el Edificio de la Unidad Bibliotecaria de la Facultad Multidisciplinaria Oriental UES..... | 155 |
| 5.2.1 Resultados de Consumo de Potencias De Subestación Estrella/Estrella del edificio Unidad Bibliotecaria FMO UES. | 155 |
| 5.3 Estudio de indicadores energéticos por medio de simulación de línea Base..... | 180 |
| 5.3.1 Inspección de Campo del Edificio Unidad Bibliotecaria de la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental. | 180 |
| 5.3.2 Inspección Externa del Edificio Unidad Bibliotecaria | 180 |
| 5.3.3 Inspección Interna del Edificio Unidad Bibliotecaria | 182 |
| 5.3.4 Descripción de la infraestructura del Edificio Unidad Bibliotecaria de la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental, Utilizada en la Simulación de OpenStudio. | 184 |
| 5.3.5 Censo de cargas en el edificio por áreas:..... | 186 |
| 5.4 Modelo de línea Base del Edificio Unidad Biblioteca de la UES FMO. | 193 |
| 5.5 Alternativa de ahorro de energía eléctrica | 197 |
| 5.5.1 Alternativa de ahorro de energía eléctrica en Iluminación. | 197 |
| 5.5.2 Alternativa de ahorro de energía eléctrica en Climatización Eficiente..... | 198 |
| 5.5.3 Propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico en Unidad Bibliotecaria Universidad De El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental (FMO)..... | 199 |
| 5.6 Implementación de sistema fotovoltaico en edificio unidad bibliotecaria. | 214 |
| CAPÍTULO VI:..... | 215 |
| 6.1 Costo Monetario actual del consumo de energía eléctrica del edificio Unidad Bibliotecaria FMO. | 215 |
| 6.2 Planificación energética según lo requerido por la Norma ISO 50001 | 220 |
| Conclusiones | 227 |
| Recomendaciones..... | 230 |

| | |
|--|-----|
| Referencias Bibliográficas | 230 |
| Anexo N°1: Instrumento de Recolección de datos..... | 233 |
| Anexo N°2 Política Energética Formato original de NQA | 239 |
| Anexo N°3 Formato de Carteles para concientización | 240 |
| Anexo N°4 Diagrama Unifilar del Sistema Fotovoltaico..... | 243 |
| Anexo N°5 Resultado de datos en Aplicación Climate Consultant 6.0 mediante Datos de Clima de San Miguel, El Papalón..... | 244 |
| Anexo N°6 Ficha técnica de inversores implementados..... | 245 |
| Anexo N°7 Ficha técnica de Panel Solar | 247 |

INDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|--|-----|
| Ilustración 1 Clasificación de los principales tipos de energía fuente: (BONILLA, CORTEZ BONILLA, HERNÁNDEZ ALFARO, & MARTELL MARTÍNEZ, 2018)..... | 11 |
| Ilustración 2 Beneficios de la implantación de la ISO 50001 | 17 |
| Ilustración 3. Modelo de gestión de la energía según ISO 50001 | 19 |
| Ilustración 4 Contexto del Sistema de Gestión Energético | 20 |
| Ilustración 5 Estructura de la Norma ISO 50001 | 22 |
| Ilustración 6 Diagrama de Flujo del Proceso de auditoria energética | 26 |
| Ilustración 7Relación entre desempeño energético, IDEs, LBEs y metas energéticas..... | 33 |
| Ilustración 8 Información general sobre la medición de la eficiencia energética | 34 |
| Ilustración 9 Pasos fundamentales del proceso de Medición y Verificación..... | 39 |
| Ilustración 10 Áreas de acción del programa de Eficiencia Energética en El Salvador PEES | 76 |
| Ilustración 11 Estructura del mercado eléctrico nacional..... | 78 |
| Ilustración 12 Sistema de Transmisión de El Salvador [ETESAL]..... | 79 |
| Ilustración 13 Distribuidoras de energía en El Salvador | 80 |
| Ilustración 14 Antecedentes de la Energía Eléctrica en El Salvador fuente: Consejo Nacional de la Energía | 81 |
| Ilustración 15 Unidad Bibliotecaria UES FMO | 84 |
| Ilustración 16 Áreas de la Unidad Bibliotecaria UES FMO | 85 |
| Ilustración 17 Estructura organizacional..... | 86 |
| Ilustración 18 Analizador de Potencia..... | 97 |
| Ilustración 19 Cámara Térmica Puntual..... | 97 |
| Ilustración 20 Programas utilizados | 99 |
| Ilustración 21 Pagina de Autodesk | 100 |

| | |
|---|-----|
| Ilustración 22 Pagina Autodesk..... | 101 |
| Ilustración 23 Área de trabajo de AutoCAD | 101 |
| Ilustración 24 Selección de plantilla Sketchup..... | 102 |
| Ilustración 25 Descarga de OpenStudio por repositorio de GitHUB | 104 |
| Ilustración 26 Entorno de la página web de EnergyPlus | 106 |
| Ilustración 27 Vista en planta arquitectónica del edificio Unidad Bibliotecaria de la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental | 107 |
| Ilustración 28 Modificación de unidades en AutoCAD | 107 |
| Ilustración 29 Modificación de unidades en AutoCAD | 108 |
| Ilustración 30 Ventana de bienvenida de SketchUp | 108 |
| Ilustración 31 Área de trabajo del entorno Sketchup | 109 |
| Ilustración 32 Importación de plano a Skepchup | 110 |
| Ilustración 33 Selección de plano para importación a Skectchup | 111 |
| Ilustración 34 Plano importado CAD desde Sketchup | 111 |
| Ilustración 35 Explotación de plano, para poder definir espacios en Sketchup | 112 |
| Ilustración 36 Creación de espacios con la opción Shapes (rectángulo)..... | 112 |
| Ilustración 37 Opción de cantidad de plantas del edificio y altura..... | 113 |
| Ilustración 38 Agregando altura y cantidad de plantas del edificio..... | 113 |
| Ilustración 39 Geometría construida con las medias antes especificadas | 114 |
| Ilustración 40 Creación de geometría del edificio Unidad Bibliotecaria de la Universidad de El Salvador FMO en Sketchup | 114 |
| Ilustración 41 Creación de los dos niveles del edificio | 115 |
| Ilustración 42 Aplicación de Surface Matching al levantamiento del edificio..... | 115 |
| Ilustración 43 Aplicación de Surface Matching | 116 |
| Ilustración 44 Aplicación de Surface Matching | 116 |
| Ilustración 45 Visualización de paredes interiores de los dos niveles del edificio | 117 |
| Ilustración 46 Creación de puertas y ventanas en el modelo del edificio..... | 117 |
| Ilustración 47 Visualización del tipo de construcción con Render By Construction | 118 |
| Ilustración 48 Visualización de inspector..... | 118 |
| Ilustración 49 Creación de nuevos tipos de espacios | 119 |
| Ilustración 50 Entorno del edificio con sus tipos de espacios creados | 119 |
| Ilustración 51 Asignación de zonas térmicas por cada espacio | 120 |
| Ilustración 52 Visualización de cantidad de niveles del edificio..... | 121 |
| Ilustración 53 Inspector de objetos..... | 122 |

| | |
|--|-----|
| Ilustración 54 Inspector de objetos superficies y sub superficies..... | 123 |
| Ilustración 55 Inspector de objetos..... | 123 |
| Ilustración 56 Entorno de OpenStudio, asignación de zona climatológica | 124 |
| Ilustración 57 Archivo de Clima para San Miguel..... | 125 |
| Ilustración 58 Asignación de clima | 125 |
| Ilustración 59 Pestaña facility, asignación de espacios desde librerías | 126 |
| Ilustración 60 Introducción de variables de simulación..... | 127 |
| Ilustración 61 Ejecución de Simulación del edificio..... | 127 |
| Ilustración 62 Asignación de horarios | 128 |
| Ilustración 63 Asignación y creación de cargas eléctricas | 129 |
| Ilustración 64 Asignación de espacios | 129 |
| Ilustración 65 Visualización de geometría | 130 |
| Ilustración 66 Visualización y asignación de tipos de construcción y tipos de espacios | 130 |
| Ilustración 67 Visualización de zonas térmicas y sistema HVAC | 131 |
| Ilustración 68 Visualización del sistema HVAC | 132 |
| Ilustración 69 Opciones de variables de salida en simulación | 132 |
| Ilustración 70 Ajuste de simulación activación y desactivación de variables | 133 |
| Ilustración 71 Opción de generación de resultados Energy Plus & OpenStudio | 133 |
| Ilustración 72 Reporte de los resultados..... | 134 |
| Ilustración 73 Reporte de grafico de resultados de consumo de energía..... | 134 |
| Ilustración 74 Potencia consumida en el lapso de 8 días completos | 155 |
| Ilustración 75 Variables que dividen conjuntos de datos en partes iguales | 156 |
| Ilustración 76 Polígono de frecuencias para mediciones de potencia consumida..... | 157 |
| Ilustración 77 Potencia Activa consumida en el lapso de 8 días completos..... | 158 |
| Ilustración 78 Grafico de Frecuencias para mediciones de Potencia Activa..... | 159 |
| Ilustración 79 Diferencia de Potencia medida en la fase A..... | 160 |
| Ilustración 80 Limites admisibles dados en el art. 23 de acuerdo 192-E-2004..... | 160 |
| Ilustración 81 Grafico de Frecuencias para mediciones de Diferencia de tensiones en la Fase A..... | 162 |
| Ilustración 82 Diferencia de Potencia medida en la fase B..... | 162 |
| Ilustración 83 Grafico de Frecuencias para mediciones de Diferencia de tensiones en la Fase B..... | 164 |
| Ilustración 84 Diferencia de Potencia medida en la fase C..... | 164 |
| Ilustración 85 Grafico de Frecuencias para mediciones de Diferencia de tensiones en la Fase C..... | 166 |
| Ilustración 86 Resultado de medición de Frecuencia..... | 166 |
| Ilustración 87 Grafico de Frecuencias para mediciones de Frecuencias obtenidas..... | 168 |

| | |
|--|-----|
| Ilustración 88 Factor de Potencia obtenida de resultados de medición..... | 168 |
| Ilustración 89 Grafico de Frecuencias resultado de mediciones de Factor de Potencia..... | 170 |
| Ilustración 90 Corrientes para la Fase A | 171 |
| Ilustración 91 Grafico de frecuencias para resultado de mediciones de Corrientes en la fase A | 172 |
| Ilustración 92 Corrientes para la Fase B | 173 |
| Ilustración 93 Grafico de frecuencias para resultado de mediciones de Corrientes en la fase B | 174 |
| Ilustración 94 Corrientes para la fase C | 175 |
| Ilustración 95 Grafico de Frecuencias para lecturas de corrientes de la fase C | 176 |
| Ilustración 96 lecturas de Consumo en kWh por día..... | 176 |
| Ilustración 97 Captura tomada en su gabinete de alimentación de unidad condensadora..... | 178 |
| Ilustración 98 Captura tomada en su gabinete de alimentación de unidad condensadora..... | 178 |
| Ilustración 99 Captura tomada en su gabinete de alimentación de unidad condensadora..... | 179 |
| Ilustración 100 Captura tomada en su gabinete de alimentación de unidad condensadora..... | 179 |
| Ilustración 101 Fuente Google | 181 |
| Ilustración 102 Fachada de Unidad Bibliotecaria de la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental | 181 |
| Ilustración 103 Zona norte del edificio Unidad Bibliotecaria parte trasera | 182 |
| Ilustración 104 Eficiencia de la lampara Fluorescente..... | 182 |
| Ilustración 105 Condensador de 5T | 183 |
| Ilustración 106 Captura termográfica de protección de equipo AA | 184 |
| Ilustración 107 Valores típicos de calor sensible y latente por ocupante, en función de la actividad (Fuente: ASHRAE 1989 Handbook of Fundamentals, Tabla 3, p. 26.7.)..... | 186 |
| Ilustración 108 Resumen del edificio modelo de línea base | 193 |
| Ilustración 109 Modelo de línea base..... | 194 |
| Ilustración 110 Resumen de modelo de línea base con porcentajes de cargas utilizadas al año | 195 |
| Ilustración 111 Picos máximo de potencia real demandada por meses | 196 |
| Ilustración 112 Características eléctricas del módulo Hiku5 Mono PERC 475W – 500W | 200 |
| Ilustración 113 Características de Temperatura..... | 200 |
| Ilustración 114 Características técnicas del inversor KACO | 201 |
| Ilustración 115 Diagrama de MFV..... | 205 |
| Ilustración 116 dimensiones del MFV | 205 |
| Ilustración 117 Resumen del edificio con el modelo de línea base de bajo consumo..... | 211 |
| Ilustración 118 Modelo de línea Base de bajo consumo con la modificación de luminarias y equipo de enfriamiento | 212 |

| | |
|---|-----|
| Ilustración 119 Resumen de porcentajes de consumo para el modelo de línea base de bajo consumo..... | 213 |
| Ilustración 120 Sistema fotovoltaico del edificio unidad bibliotecaria | 214 |
| Ilustración 121 Resultados del sistema Fotovoltaiico | 214 |
| Ilustración 122 Costo Monetario actual del consumo de energía..... | 216 |
| Ilustración 123 Costo monetario del consumo eléctrico por persona..... | 217 |
| Ilustración 124 Costo Monetario de bajo consumo de energía eléctrica | 218 |
| Ilustración 125 Costo monetario del consumo eléctrico Línea base bajo consumo | 219 |
| Ilustración 126 Consumo energético actual del edificio unidad bibliotecaria FMO..... | 219 |
| Ilustración 127 generación solar fotovoltaico instalado en la unidad bibliotecaria FMO..... | 220 |
| Ilustración 128 Comparación de modelo de línea base vs. Modelo de línea base de bajo consumo | 221 |
| Ilustración 129 Resumen de forma de reporte de consumo de línea base vr. la meta | 226 |
| Ilustración 130 Resumen de forma de reporte de costos de línea base vr. la meta..... | 227 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1. Niveles de Auditorias Energéticas..... | 31 |
| Tabla 2 Compatibilidad de versiones del complemento de Openstudio..... | 103 |
| Tabla 3 Detalle de lecturas obtenidas en edificio unidad biblioteca UES FMO | 177 |
| Tabla 4 Levantamiento de Cargas Eléctricas para el nivel 1 de la Unidad Bibliotecaria UES FMO..... | 188 |
| Tabla 5 Levantamiento de Cargas Eléctricas para el nivel 2 de la Unidad Bibliotecaria UES FMO..... | 192 |
| Tabla 6 Resumen mensual para el modelo de línea Base | 194 |
| Tabla 7 Resumen de valores en kW para los picos de demanda de potencia simulados | 196 |
| Tabla 8 Costo total de sustitución a luminarias LED en el edificio | 198 |
| Tabla 9 Costo total de sustitución Equipo de enfriamiento INVERTER SEER 1 9en el edificio | 199 |
| Tabla 10 Costo total de instalación de sistema de generación fotovoltaico en el edificio..... | 210 |
| Tabla 11 Resumen de valores en Kwh con el modelo de bajo consumo | 212 |
| Tabla 12 Indicadores de desempeño Energético Global comparativos para el modelo de línea base y modelo de línea base de bajo consumo | 222 |
| Tabla 13 Resumen de presupuesto para las modificaciones en el edificio | 222 |

Introducción

La presente investigación se fundamentó en los Indicadores Energéticos para la Aplicación de la Norma ISO 50001 de Gestión de la Energía en el Edificio de Unidad de Biblioteca, Facultad Multidisciplinaria Oriental, Universidad de El Salvador, dicha norma fue desarrollada por la Organización internacional de Normalización, facilitando una guía paso a paso sobre como las organizaciones de cualquier tamaño, pueden gestionar y mejorar su desempeño energético, permitiendo desenvolverse de manera más sostenible.

Se ha efectuado una recopilación de información bibliográfica, con el fin de articular un documento claro y consistente que permita al lector conocer la manera de abordar la gestión de eficiencia energética de forma efectiva, basándose en la aplicación de la norma ISO 50001. Se estudian los sistemas de gestión de energía como un marco metódico con objeto de establecer una cultura de ahorro energético y mejora continua.

Los Indicadores Energéticos para el estudio de consumos de organizaciones en edificios son de mucha utilidad para la evaluación de costos, producción y eficiencia del uso de la energía para ello es necesario obtener datos de demanda de energía, intensidad, ocupación y costos energéticos, por lo cual se toma de base la ISO 50001, 5002, 50006 y 50015 como se explica en este documento ya que se mencionan los indicadores de desempeño energético en donde se relacionan consumo energético por unidad de producción, área o costos per cápita.

La ISO 50001 se proporciona al sector público, privado y organizaciones con estrategias de gestión, para aumentar la eficiencia energética, reducir los costos, y mejorar el rendimiento energético. La norma tiene por objeto proporcionar a las organizaciones un marco reconocido para integrar la eficiencia energética en sus prácticas de gestión. Las instituciones multinacionales tienen el acceso a un solo estándar, armonizado para la aplicación en las organizaciones con una lógica y metodología coherente para la identificación e implementación de mejoras.

El desarrollo del presente documento se estructura bajo los siguientes capítulos:

Capítulo I: Trata de un marco conceptual donde se especifican los conceptos a abordar para el entendimiento de las bases conceptuales para la mejor comprensión del lector sobre las distintas interrogantes de la energía y lo referente a la norma ISO 50001.

Capítulo II: Se aborda el marco teórico con la explicación más detallada de la implantación, sus principales objetivos, estructura y sus beneficios de la norma ISO 50001, se detalla los pasos a seguir para realizar el modelo sistema de gestión energético.

Capítulo III: Se realiza y se cita la normativa eléctrica vigente del ente regulador de El Salvador como lo es la SIGET y lo detallado en el acuerdo 192-E-2004.

Capítulo IV: en este capítulo se trata el marco metodológico de la investigación, la forma de obtención datos cualitativos y cuantitativos, y parte de explicación de la forma de instalación y levantamiento en el programa de SketchUp.

Capítulo V: este capítulo titulado análisis de resultados es se muestran los resultados obtenidos en la investigación, mostrando las respuestas de las encuestas, del aparato de medición instalado y los resultados de la simulación.

Capítulo VI: trata de la planificación de ahorro energético, eficiencia energética y como abordar el sistema de gestión energético mostrando resultado de costos y comparación de los indicadores de desempeño energético y los aspectos energéticos significativos utilizando de base la ISO 50001.

Como punto final se presenta las conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas que contienen las fuentes consultadas y los anexos.

Siglas y Acrónimos

ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
(Sociedad Americana de Ingeniería para Aire Acondicionado, Calefacción y Refrigeración)

AEO: Annual Energy Outlook

CAESS: Compañía de Alumbrado Eléctrico de San Salvador

CNE: Consejo Nacional de Energía

DELSUR: Distribuidora Eléctrica del Sur

EDESAL: Empresa Distribuidora Eléctrica Salvadoreña

EE: Eficiencia Energética

EEO: Empresa Eléctrica de Oriente

EGEn: Equipo de Gestión Energética

EPIA: Examinar acciones de mejora del rendimiento energético.

ETESAL: Empresa Transmisora de El Salvador

FMO: Facultad Multidisciplinaria Oriental

GEI: Gases Efecto Invernadero

IDE: Indicadores de Desempeño Energético

IDEn: Indicadores de Desempeño Energético

IEEE: Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos

IEC: Comisión electrotécnica Internacional

ISO: International Standard Organization

LBE: Líneas Base de Energía

M&V: Medición y Verificación

MEE: Medida de Eficiencia Energética

MINSAL: Ministerio de Salud Pública

NAMA: Acciones de Mitigación Nacionalmente Aprobadas

OSA: Organismo Salvadoreño de Acreditación

OSN: Organismo Salvadoreño de Normalización

PEES: Programa de Eficiencia Energética en El Salvador

PHVA: Planear – Hacer – Verificar – Actuar

PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

SBUES: Sistema Bibliotecario de la Universidad de El Salvador

SIEPAC: Sistema de Interconexión Eléctrica para los Países de América Central

SIGET: Superintendencia General de Electricidad y Comunicaciones

SGEn: Sistema de Gestión Energético

SNET: Servicio Nacional de Estudios Territoriales

UES: Universidad de El Salvador

USE: Usos Significativos de Energía

UT: Unidad de Transacciones

MFV: Modulo Fotovoltaico

Delimitación del Problema.

La energía es imprescindible para que funcionen las organizaciones y generalmente representa un gasto significativo. Es un hecho que el uso de la energía es cada día más elevado en el caso del consumo y perjudicial para el ecosistema. La reducción del consumo de energía tiene los siguientes beneficios potenciales: reducir costos, reducir emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) y mejorar la seguridad en el suministro.

El consumo de energía y sus costos puede representar un alto costo económico a las organizaciones, según el tipo de energía que se utiliza el país o región en el que se encuentra así como también un costo a la sociedad y al planeta, debido a que para tener acceso a esa energía se afecta en diversos grados al medio ambiente; tales como la contaminación atmosférica, y el cambio climático debido a la utilización de combustibles fósiles y otras formas de energía para suministrar la suficiente para operar maquinarias y equipos en áreas de grandes demandas.

La realización de dicho estudio es oportuna ya que los efectos y las repercusiones climatológicas en el planeta y la preocupación por reducir el consumo de energía eléctrica y combustible han dado hincapié a iniciativas del gobierno salvadoreño en la generación de políticas públicas que promuevan e impulsen la eficiencia energética.

En el edificio de unidad de biblioteca, Facultad Multidisciplinaria Oriental, Universidad de El Salvador se desconoce el impacto de los costos de funcionamiento en los costos energéticos; no se planifica ni se administra el consumo de energía. La energía se considera como un gasto final variable y no como un insumo que se pueda gestionar.

Se aplicaron la ISO 50001, 50006 y 50015, que brinda el soporte necesario para la implementación de un SGE, brindando la posibilidad de establecer protocolos para mejorar la eficiencia energética. Esto permitirá aprovechar mejor los recursos energéticos, crear transparencia sobre la gestión de los mismos, promover mejores prácticas de gestión reforzando conductas y políticas de gestión energética; obteniendo beneficios económicos, sociales, energéticos y ambientales.

La producción de energías verdes y tecnologías que permiten mejorar la seguridad energética y al mismo tiempo reducir las emisiones de dióxido de carbono; asume cada vez más

importancia con el paso del tiempo. Sin embargo, el enfoque que se ha dado al problema energético presta poca o nula atención al uso eficiente de la energía y las tecnologías existentes. Esto representa el problema más importante y silencioso a corto plazo. En otras palabras, se trabaja en la parte estructural del problema dejando de lado la parte operativa del mismo.

Objetivos

Objetivo General

Estudiar los diferentes indicadores del sistema de gestión Energéticos para la aplicación de la norma ISO 50001 en el edificio de Unidad Bibliotecaria Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador.

Objetivos Específicos

- Analizar la estructura organizacional, técnica y funcional del edificio de Biblioteca de la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental.
- Realizar un análisis energético del Edificio de Biblioteca de la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental.
- Desarrollar la planificación energética según lo requerido por la Norma ISO 50001.
- Ejecutar un análisis comparativo por medio de instrumentos de medición.
- Comparar los resultados estableciendo indicadores adecuados que determinen el cumplimiento de los hitos de la metodología ISO 50001 de forma que los resultados sean efectivos.

Justificación

Es necesario el conocimiento de la eficiencia energética existente del edificio y cómo podría mejorar con la aplicación de la norma ISO 50001 ya que esta ha sido diseñada para que su implementación se pueda dar en cualquier organización, sin importar su tamaño, industria o su localización geográfica.

La energía es muy esencial para realizar las diferentes actividades de las instituciones, las universidades requieren del uso de energía para poder brindar un buen servicio tanto a sus alumnos como para el funcionamiento de los equipos que ayudan al trabajo cotidiano de todo el personal que labora, es muy importante resaltar que actualmente no se han implementado en las diferentes universidades de El Salvador, medidas que ayuden al uso eficiente de energía, es decir todas las instituciones siguen usando la energía desmedidamente, provocando costos innecesarios y contribuyendo al deterioro del medio ambiente.

Existen soluciones para poder contrarrestar este problema por el que el país y sus instituciones están pasando, ya que existe una norma voluntaria, desarrollada por la Organización Internacional de Normalización ISO, denominado ISO 50001 (Sistemas de Gestión de la Energía). ISO 50001 proporciona estrategias de gestión para aumentar la eficiencia energética y reducir costos.

Las universidades no pueden controlar los precios de consumo de energía de las distribuidoras, las políticas de gobierno o la economía global, pero pueden mejorar la forma de cómo gestionar la energía de una manera adecuada, creando beneficios para la propia institución tanto como en el consumo y los costos, además se puede contribuir a la reducción de los recursos energéticos y los efectos que se dan por el calentamiento global.

Un punto a tomar en cuenta para el uso eficiente de energía es que las universidades deberían consumir menos energía, para obtener el mismo servicio, esto se traduce en hacer lo mismo con menos, de esta manera la misma universidad sale beneficiada y contribuye con el cuidado del planeta.

Limitaciones y Alcances

Limites:

- La implementación de un sistema de gestión de la energía según la norma ISO 50001 puede requerir inversiones muy significativas en tecnología, personal y capacitación.
- La implementación y operación de un SGEN requiere la participación activa y comprometida del personal de la organización, lo que puede resultar en una carga adicional de trabajo.
- Los indicadores energéticos pueden no ser efectivos para motivar el cambio de comportamiento de los empleados y otros actores clave, debido a la falta de retroalimentación y la falta de comprensión sobre cómo los comportamientos individuales afectan el consumo energético.

Alcances:

- El estudio de indicadores a aplicar para cumplir los requisitos de la certificación ISO 50001.
- La aplicación de los diversos estudios a realizar para el mejoramiento del sistema de gestión energético en la unidad bibliotecaria de la facultad multidisciplinaria oriental.
- Cumplir con cada uno de los objetivos propuestos, durante el desarrollo de este trabajo de investigación.
- Seleccionar los indicadores energéticos más significativos y así poder dar solución para una mejor eficiencia energética del edificio.

CAPÍTULO I: MARCO CONCEPTUAL

1.1 Conceptos de Energía:

Energía: La energía es una propiedad fundamental del universo que se manifiesta en distintas formas y que permite que los objetos y sistemas físicos realicen trabajo. Hay varios tipos de energía entre ellos tenemos:

- **Energía Cinética:** Es la energía asociada al movimiento de un objeto. Se calcula como la mitad de la masa del objeto multiplicada por su velocidad al cuadrado.
- **Energía Potencial:** Es la energía que tiene un objeto debido a su posición o configuración en un campo de fuerza. Un ejemplo común es la energía potencial gravitatoria, que depende de la altura de un objeto respecto al suelo.
- **Energía Térmica:** Es la energía asociada al movimiento de las partículas que componen un sistema. Se relaciona con la temperatura del sistema y se puede transferir entre sistemas mediante procesos de conducción, convección o radiación.
- **Energía Eléctrica:** Es la energía asociada al movimiento de cargas eléctricas en un circuito eléctrico. Se mide en unidades de vatios y amperios.
- **Energía Nuclear:** Es la energía asociada a la transformación de núcleos atómicos. Se liberan en procesos de fusión nuclear y es una fuente importante de energía en la actualidad.
- **Energía Renovable:** Se refiere a cualquier fuente de energía que se regenera naturalmente en un periodo de tiempo relativamente corto y no se agota con el uso continuo.
- **Energía No Renovable:** La energía no renovable se refiere a los recursos energéticos que son finitos y no se pueden regenerar a una velocidad que coincida con su consumo. Estos recursos incluyen el petróleo, el gas natural, el carbón y el uranio.

1.2 Clasificación de la energía

Se tienen las siguientes clasificaciones de energía por su fuente y por su origen en la ilustración siguiente:

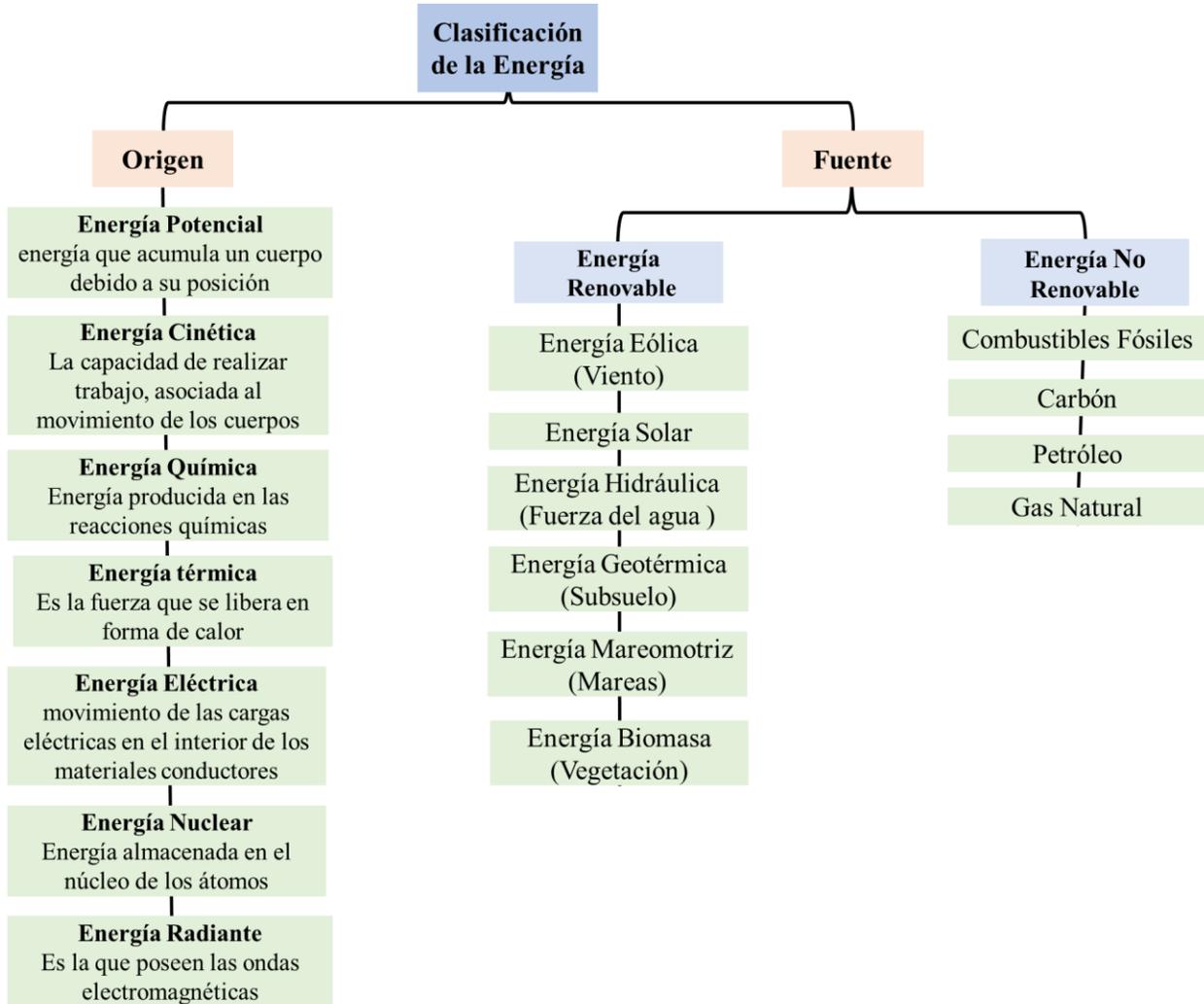


Ilustración 1 Clasificación de los principales tipos de energía fuente: (BONILLA, CORTEZ BONILLA, HERNÁNDEZ ALFARO, & MARTELL MARTÍNEZ, 2018)

1.3 Energía y Potencia

Energía y Potencia: La energía se refiere a la capacidad de un sistema para realizar trabajo. Es una propiedad que se puede medir en Julios [J] o en otras unidades, como kilovatios-hora [kWh]. La energía puede tomar muchas formas, como la energía cinética (asociada al

movimiento), la energía potencial (asociada a la posición de un objeto), la energía térmica (asociada a la temperatura) y la energía eléctrica (asociada al flujo de electrones).

La potencia por otro lado se refiere a la tasa a la que se realiza el trabajo o se transfiere energía. Es decir, la potencia mide la cantidad de energía que se transfiere por unidad de tiempo. La unidad estándar de potencia es el vatio [W], que equivale a un julio por segundo.

Relación entre Energía y Potencia: La relación entre la energía y potencia se puede expresar como:

$$Energía = Potencia \times Tiempo$$

Esta ecuación muestra que la cantidad de energía transferida depende tanto de la potencia de la fuente de energía como del tiempo durante el cual se utiliza. Por ejemplo, un bombillo de 100 vatios [W] utiliza más energía que un bombillo de 60 vatios [W] en el mismo periodo de tiempo, lo que se traduce a una factura de electricidad más alta.

Kilovatio Hora (kilowatt Hora): El kilovatio hora [kWh] es una medida útil para determinar el costo de la energía eléctrica consumida, ya que la mayoría de las compañías eléctricas cobran por kilovatio hora. También es muy útil para medir la producción de energía eléctrica en plantas de energía renovables, como la energía solar o eólica.

1.4 Propiedades de la Energía

Según la ley de conservación de energía que se estableció a mediados del siglo XIX y dio lugar a la primera Ley de la Termodinámica en la que se establece que la energía no se crea ni se destruye, sino que se transforma de una forma de energía a otra.

1.5 Unidades de Medida de la Energía

Unidades de Energía: Las unidades del trabajo son la fuerza multiplicada por la longitud, lo cual, en consecuencia, en el sistema universal (SI) la unidad de trabajo es Newton x metro ($N \cdot m = kg \cdot m^2/s^2$). Esta unidad es usada muy frecuente por lo que se le ha dado el nombre de Joule (J). Es importante considerar que el trabajo es una transferencia de energía, por lo que el Joule es la unidad de energía. (Serway & Jewett, 2016)

Cuando se habla de energía calorífica o térmica se suele utilizar la unidad caloría (cal), la caloría es aquella cantidad de energía necesaria para que un gramo de agua aumente su temperatura desde 14.5 °C hasta 15.5 °C a la presión atmosférica normal (a nivel del mar). Su equivalencia en Joule es: 1cal: 4.18 J.

En el caso de Energía eléctrica suele usarse la unidad kWh (kilowatts hora), que es la energía consumida durante una hora y es la unidad de medida por la cual en El Salvador utilizan las distribuidoras para cobrar el consumo de energía en los hogares. Su equivalencia en Joule es: 1kWh: 3.6x10⁶ J.

Otras unidades menos utilizadas son:

- El ergio (erg)
- El electronvoltio (eV)
- Caballo de Vapor por hora (CVh)
- El Kilográmetro (kgm)
- La Tonelada equivalente de petróleo (Tep)
- La Tonelada equivalente del carbón (Tec)

1.6 Auditoria Energética:

Es un sistema que contiene revisiones de una gestión de energía, verificando si todos los elementos están siendo o se han implementado en la norma ISO. En otras palabras, la auditoria energética es un proceso de evaluación sistemática que se realiza para analizar el consumo de energía de un edificio, una instalación o un proceso y encontrar oportunidades de ahorro de energía y reducción de costos.

Línea Base Energética: La línea base energética es un término que se utiliza para describir el punto de partida o la referencia a partir de la cual se mide la eficiencia energética y las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero de un sistema, proceso o proyecto en particular. En otras palabras, la línea base energética es el nivel de energía o emisiones que se esperan que ocurran en ausencia de la implementación de un proyecto o medida de eficiencia energética.

1.7 Indicadores energéticos:

Los indicadores energéticos son medidas que se utilizan para evaluar el desempeño energético ya sea de un edificio o empresa, lo cual permiten identificar donde se pueden efectuar ahorros de energía.

Mediante los indicadores de eficiencia energética se puede obtener la siguiente información:

- Identificar donde y como se puede ahorrar energía.
- Analizar el historial del consumo de energía.
- Predecir comportamientos sobre el futuro de la demanda de energía para ser proactivos.

Consumo energético: se hace referencia al gasto total de energía sumando todas las fuentes utilizadas para cubrir la demanda energética de una vivienda, de un edificio, de una empresa o de una producción.

Intensidad energética: La intensidad energética es una medida de la eficiencia energética que se refiere a la cantidad de energía utilizada por unidad de actividad económica o producción. Permite cuantificar la relación entre el consumo de energía y la capacidad de producción de la economía, este indicador toma en consideración los siguientes factores: (Indicadores de Eficiencia Energetica, 2022)

- La eficiencia en el consumo de la energía
- Las condiciones climáticas
- El grado de industrialización de las actividades económicas
- El tamaño del edificio
- La cantidad de la población

1.8 Generalidades de la Norma ISO 50001

Norma ISO 50001: La norma ISO 50001 es un estándar internacional que establece los requisitos para un sistema de gestión de la energía (SGEn). Esta norma proporciona un marco de referencia para ayudar a las organizaciones a mejorar su desempeño energético y a reducir su consumo y energía, costos y emisiones de gases de efecto invernadero.

La norma ISO 50001 se basa en el ciclo de mejora continua PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) y se aplica a todos los tipos de organizaciones, independientemente de su tamaño, sector

o ubicación geográfica. La norma establece una serie de requisitos que una organización debe cumplir para obtener la certificación, incluyendo:

1. **Política Energética:** La organización debe establecer una política energética que refleje su compromiso con la mejora continua de la eficiencia energética.
2. **Planificación Energética:** La organización debe identificar y evaluar su consumo energético y establecer objetivos y metas de mejora.
3. **Implementación y Operación:** La organización debe implementar medidas de mejora de la eficiencia energética y establecer procedimientos para controlar y monitorear su consumo energético.
4. **Verificación y Revisión:** La organización debe medir y evaluar regularmente su desempeño energético y revisar su SGE para asegurar su eficiencia.
5. **Mejora Continua:** La organización debe identificar oportunidades de mejora y tomar medidas para lograr una mejora continua del desempeño energético.

Eficiencia energética: Se refiere a la optimización del uso de la energía para reducir el consumo y disminuir los costos y emisiones de gases de efecto invernadero, en otras palabras, se trata de hacer más con menos energía.

Sistema de gestión Energética: Es un conjunto de procesos y herramientas que se utilizan para gestionar el consumo de energía de una organización. El Objetivo principal de un SGE se basa en un ciclo de mejora continua. (Planificar – Hacer – Verificar – Actuar). (Acoltzi & Pérez, 2017)

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Norma ISO 50001

La Norma ISO 50001 fue creada por la ISO (Organización Internacional de Estandarización) en junio de 2011, con el objetivo de aportar una aplicación global que contribuirá a una mayor disponibilidad de suministro de energía, mejor competitividad y a un impacto positivo sobre el cambio climático. (Acoltzi & Pérez, 2017)

El Sistema de Gestión Energética es la parte del sistema de gestión de una organización dedicada a desarrollar e implantar su política energética, así como a gestionar aquellos elementos de sus actividades, productos o servicios que interactúan con el uso de la energía. (Acoltzi & Pérez, 2017)

La norma ISO 50001, establece los requisitos que debe poseer un Sistema de Gestión Energética, con el fin de realizar mejoras continuas y sistemáticas del rendimiento energético de las organizaciones.

La implementación de un Sistema de Gestión Energética según la norma ISO 50001, se constituye en una valiosa herramienta para las organizaciones que se han propuesto mejorar su desempeño energético, motivadas por la reducción de costos y el desarrollo sustentable del negocio.

Por este motivo se recomienda su implementación como una forma de llevar a cabo de forma exitosa el trabajo en materiales de eficiencia energética y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. (de Laire, Fiallos , & Aguilera, 2018)

2.2 Objetivos de la Norma ISO 50001

- Apoyar a las organizaciones en el establecimiento del uso y el consumo de energía más adecuadas.
- Promover las mejores prácticas de gestión de la energía y reforzar los beneficios con la aplicación de la gestión energética.
- Apoyar la evolución y priorización de la implementación de nuevas tecnologías más eficientes en cuanto al uso de la energía.

- Establecer un escenario para la promoción de la eficiencia energética a través de la cadena de suministros.
- Favorecer la mejora de la gestión de la energía pública de su compromiso con un consumo energético sostenible, en conjunto con proyectos de reducción de los gases de efecto invernadero.
- Permitir la integración con otros sistemas de gestión organizacionales, como el de calidad, medioambiental y seguridad.

2.3 Beneficios de la implementación de un SGE certificado en Norma ISO 50001

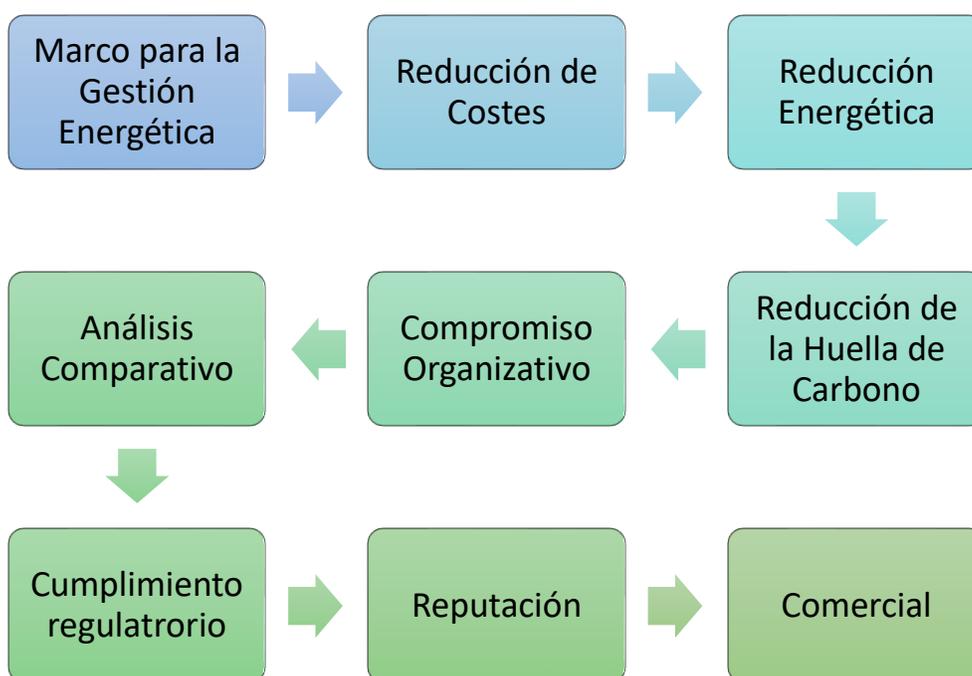


Ilustración 2 Beneficios de la implantación de la ISO 50001

- **Marco para la gestión energética:**

Un SGE efectivo, permitirá la visibilidad del uso de áreas donde se puede mejorar el rendimiento energético, proporcionando políticas, estructuradas, procesos, procedimientos y planes de acción para implementar oportunidades de ahorro de energía.

- **Reducción de costes:**

Cualquier reducción de energía identificada a través de un SGE, a su vez, ofrecerá ahorros demostrables en las facturas de energía, lo que reducirá los gastos generales de una empresa.

- **Reducción Energética:**

La reducción de costes y la reducción de energía van de la mano. Al establecer, implementar, mantener y mejorar continuamente un SGen, una organización será capaz de lidiar no solo con las oportunidades iniciales de ahorro de energía, sino que también será capaz de identificar y administrar dónde, cuándo y cómo se consume la energía e identificar mejoras y reducciones de eficiencia energética.

- **Reducción de la Huella de Carbono:**

Muchas empresas informan sobre su producción de dióxido de carbono (CO₂) o “huella de carbono”. Si bien la reducción de CO₂ no se puede citar realmente como una razón principal para la ISO 50001, cualquier reducción energética tendrá una correlación directa con la reducción de la huella de carbono.

- **Compromiso Organizativo:**

El enfoque de “arriba hacia abajo” dentro de la ISO 50001, asegura que las principales partes interesadas dentro de la organización entienden el SGen y, por lo tanto, están motivados a lograr sus objetivos.

- **Análisis Comparativo:**

La ISO 50001 requiere que una organización establezca una línea de base para actuar como un indicador del rendimiento energético. Al identificar una línea de base, la eficiencia energética se puede rastrear con el tiempo.

- **Cumplimiento Regulatorio:**

Al igual que con otras normas ISO, la ISO 50001 requiere que una organización identifique y tenga acceso a los “requisitos legales y de otro tipo” aplicables en relación con su eficiencia energética, uso de energía, consumo de energía y su SGen.

- **Reputación:**

Lograr la ISO 50001 puede ofrecer beneficios reputacionales al demostrar a las partes interesadas que la organización está totalmente comprometida con la gestión del consumo energético y que busca formas de aumentar su eficiencia energética.

- **Comercial:**

Es una tendencia cada vez mayor que, cuando se busca suministrar bienes y servicios al sector empresarial (sector público), se requieren sistemas acreditados como la ISO 50001, para cumplir con los criterios de la licitación previos al contrato. (nqa, 2018)

2.4 Modelo de Gestión de la Energía según la Norma ISO 50001

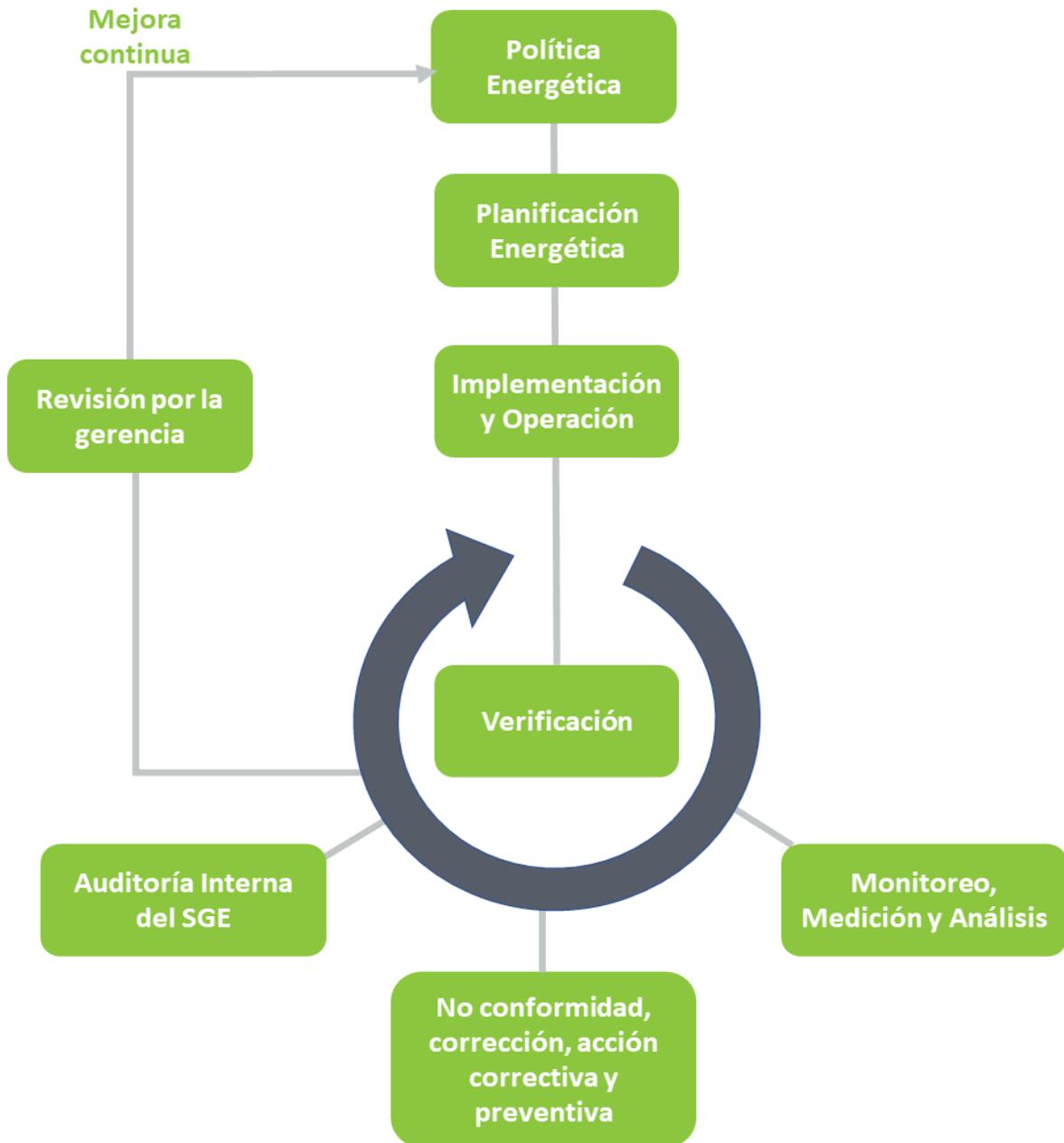


Ilustración 3. Modelo de gestión de la energía según ISO 50001

La Norma ISO 50001, se basa en la metodología del Ciclo de Deming para la mejora continua, también llamado “PHVA” por las siglas Planificar – Hacer – Verificar – Actuar, y sigue el diseño estructurado de otras normas ISO, haciéndolo de esta manera compatible con otros sistemas de gestión. (de Laire, Fiallos , & Aguilera, 2018).

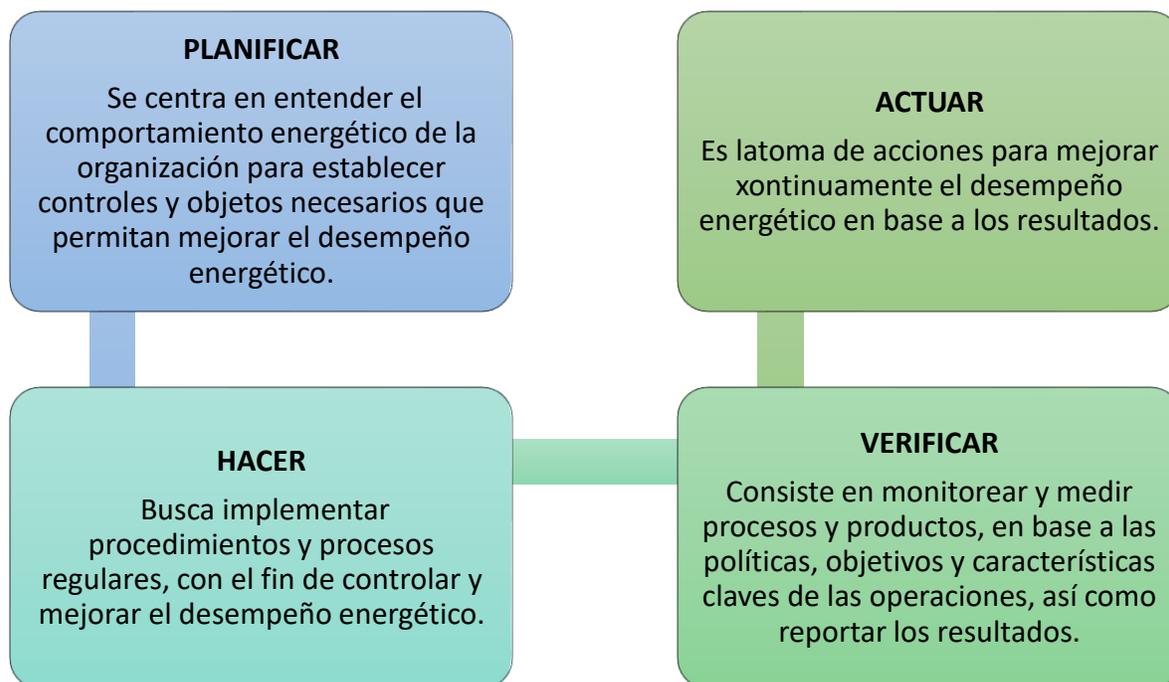


Ilustración 4 Contexto del Sistema de Gestión Energético

2.5 Estructura de la Norma ISO 50001

2.5.1 Sección 1: Alcance

No existen requisitos específicos sobre la adherencia a esta sección. Sin embargo, establece los parámetros de la ISO 50001 que pueden utilizarse y proporciona los resultados esperados de un SGE:

- Permitir a una organización seguir un enfoque sistemático para lograr la mejora continua del rendimiento energético y del SGE.

Esta sección también establece que la norma:

- Es aplicable a cualquier organización, tipo, tamaño, complejidad, ubicación geográfica, cultura organizacional o los productos y servicios que proporciona.

- Es aplicable a las actividades que afectan el rendimiento energético, gestionadas y controladas por la organización.
- Es aplicable independientemente de la cantidad, uso o tipos de energía consumidos.
- Requiere la demostración de la mejora continua del rendimiento energético, pero no define los niveles de mejora del rendimiento energético que se deben alcanzar.
- Se puede usar de forma independiente, o alinearse o integrarse con otros sistemas de gestión. (nqa, 2018)

2.5.2 Sección 2: Referencias Normativas

Las directivas ISO/IEC, parte 2, sección 6.2.2, definen la referencia normativa como: “el elemento condicional que debe proporcionar una lista de documentos referenciados, de tal manera que sean indispensables para la aplicación del documento”. (nqa, 2018)

2.5.3 Sección 3: Términos y Definiciones

Esta sección establece los términos y definiciones utilizados por la norma y que necesitarán de mayor clarificación para aplicar dicha norma en la organización. Se enumeran acorde a la jerarquía de conceptos (reflejando la secuencia de su introducción en la norma).

Los términos se agrupan por el título de la cláusula principal. La ISO/TC 207/SC 1/WG 5 acordó ordenar los términos dentro de las agrupaciones de manera que:

- Los términos específicos de la disciplina se presentan consecutivamente en su forma genérica.
- Los términos se presenten en el orden en que aparecen en el texto.

Además del término o definición, también hay notas que buscan proporcionar más información y claridad. Las secciones 4 a 10 proporcionan los requisitos de la norma.

En la lectura de la norma, la palabra “deberá” indica los requisitos de cumplimiento obligatorio que debe cumplir una organización.

Para entender cómo se aplican las cláusulas entre sí, el texto restante se aplica al siguiente diagrama: (nqa, 2018)

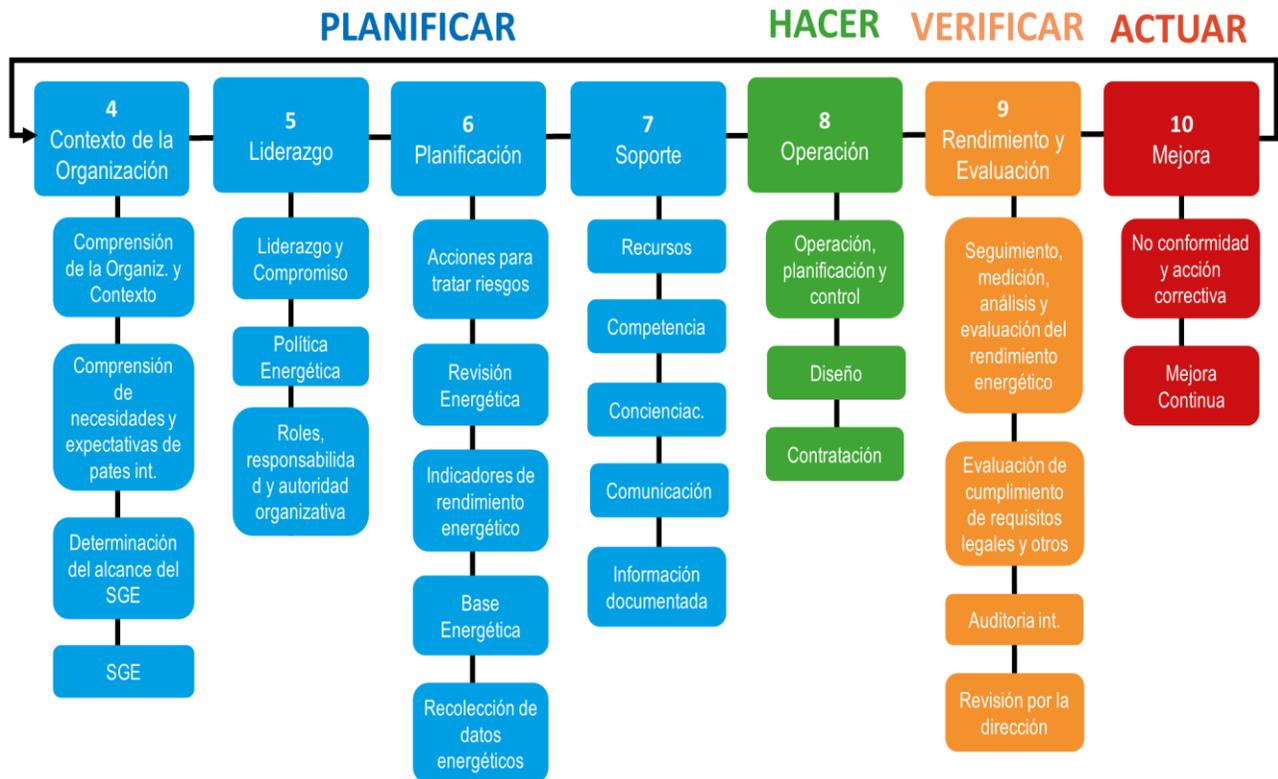


Ilustración 5 Estructura de la Norma ISO 50001

2.5.4 Sección 4: Contexto de la Organización

Para definir el contexto de la organización, se requiere profundizar en aspectos internos y externos que puedan afectar, negativa o positivamente, los resultados esperados del desempeño energético y el funcionamiento del SGE. Para esto la organización debe responderse preguntas como:

- ¿Cuál es el foco de las principales actividades desarrolladas por la organización?
- ¿Cuál es la importancia estratégica de la energía para el negocio?
- ¿Cómo influyen las acciones relacionadas con sustentabilidad con las partes interesadas?
- ¿Cuánto influye el costo de la energía en el negocio?
- ¿Cuáles son los riesgos relacionados con el uso y consumo de la energía para la organización? (de Laire, Fiallos, & Aguilera, 2018)

2.5.5 Sección 5: Liderazgo

La norma establece que la gerencia debe demostrar liderazgo y compromiso con respecto a la mejora continua del rendimiento energético y asumir la responsabilidad respecto a la

efectividad del SGE. Esto establece el tono para la sección 5 y el funcionamiento de todo el SGE. (nqa, 2018)

2.5.6 Sección 6: Planificación

Esta consiste en reunir la información de consumo de energía y analizarla, con el fin de identificar los usos significativos de la energía y las variables que lo afectan. Del resultado de la planificación energética, se definen los controles operacionales y las actividades de seguimiento, medición y análisis de la organización. Su contenido debe ser compatible con la política energética previamente establecida por la empresa y apoyar la mejora continua del propio SGE. (de Laire, Fiallos , & Aguilera, 2018)

2.5.7 Sección 7: Soporte

Esta sección analiza los recursos, la comunicación y la documentación de un SGE. Los requisitos refuerzan dicho sistema y garantizan que se ejecute de manera efectiva.

Como parte de la identificación de recursos, la organización debe considerar la información producida en la sección 6 para reconocer los riesgos y oportunidades y los objetivos y metas resultantes que se han identificado y necesitan la implementación de recursos para mitigarlos o administrarlos. (nqa, 2018)

2.5.8 Sección 8: Operación

Dentro de esta cláusula existe la necesidad de establecer e implementar criterios operativos para controlar los procesos (incluyendo la operación y mantenimiento efectivos de instalaciones, equipos, sistemas y procesos de uso de energía) relacionados con los USE (Usos Significativos de la Energía), y comunicar los criterios a las personas relevantes.

Los USE subcontratadas o los procesos relacionados también deben controlarse. Un buen ejemplo es disponer de procesos de mantenimiento para la calefacción, ventilación y aire acondicionado. (nqa, 2018)

2.5.9 Sección 9: Evaluación del desempeño

La evaluación del desempeño implica la implementación del plan de recolección de datos y la evaluación documentada apropiada tanto de la mejora del rendimiento energético como de la efectividad del SGen. Por lo tanto, una organización necesita comprobar "si estamos haciendo, lo que decimos que estamos haciendo". Para llevar a cabo una auditoría interna de forma eficaz. (nqa, 2018)

2.5.10 Sección 10: Mejora

Esta sección reúne los requisitos fundamentales para conseguir la mejora continua, por ejemplo:

- Elementos de la sección 9 en relación con los resultados del análisis y la evaluación del desempeño ambiental, la evaluación del cumplimiento, las auditorías internas y la revisión por la dirección.
- No conformidad y acción correctiva. (nqa, 2018)

2.5.11 Consejos para una correcta implantación del SGen.

1. Disponer de un SGen efectivo garantiza que la gerencia está comprometida con su establecimiento, implementación y mejora continua.
2. Utilice el contexto para comprender los macro problemas.
3. Integre el SGE en sus procesos de trabajo de manera que no sea algo más que hacer, es el fruto de su trabajo.
4. Proporcione el personal y tiempo necesarios.
5. Comience con lo sencillo, con la recolección de datos y avance con el tiempo.
6. El plan energético debe ser parte de la cultura de la organización y debe ser soportada por la gerencia y empleados. Eduque, promueva e integre dicho plan.
7. Utilice la ISO 50001 para obtener directamente el cumplimiento.
8. Además del potencial de ahorro energético, existen otros beneficios comerciales. En las licitaciones, se suele preguntar a la empresa como gestiona la energía.
9. Entienda que la gestión energética requiere que la organización pase de un acercamiento por proyectos a uno de mejora continua del rendimiento energético.
10. Utilice la ISO 50001 para diseñar el SGen.

11. Haga visibles y fácilmente accesibles los datos energéticos.
12. Utilice la revisión por la dirección para proporcionar una dirección estratégica. (nqa, 2018)

2.6 Normas

Las normas referenciadas en esta investigación son utilizadas para acoplarnos a las recomendaciones técnicas que validen el trabajo a investigar, en donde se hará la comparación de los resultados obtenidos con los planteados en las normas técnicas.

2.7 Norma ISO 50002: Auditoria Energética

La ISO 50002: 2014 especifica los requisitos del proceso de realización de una auditoría energética en relación con la eficiencia energética. Es aplicable a todos los tipos de establecimientos y organizaciones, y todas las formas de uso de la energía. Dicha norma especifica los principios de la realización de auditorías energéticas, los requisitos para los procesos comunes durante las auditorías energéticas, y los resultados de las auditorías energéticas.

En este caso el propósito de esta Norma Internacional es definir el conjunto mínimo de requisitos que conducen a la identificación de oportunidades para la mejora de la eficiencia energética. (Gonzales & Del Castillo, 2020)

Una auditoría o evaluación energética comprende una revisión detallada del desempeño energético de una organización, de un proceso o de ambos. Normalmente se basa en la medición y observación adecuadas de los usos y el consumo de energía. Los productos de auditoría suelen incluir información sobre el consumo y el desempeño actuales, y pueden ir acompañados de una serie de recomendaciones clasificadas para mejorar el desempeño energético.

Las auditorías energéticas se planifican y llevan a cabo como parte de la identificación y priorización de oportunidades para mejorar el desempeño energético. Una auditoría de energía puede respaldar una revisión de energía como se describe en ISO 50001 o se puede utilizar de forma independiente. (Larrahondo, 2019)

Una auditoría de energía según ISO 50002:2014 comprende un análisis detallado de la eficiencia energética de una organización, equipo, sistemas o procesos. Se basa en la medición apropiada y la observación del uso de la energía, la eficiencia energética y el consumo. Se planifican y llevan a cabo como parte de la identificación y priorización de las oportunidades para mejorar la eficiencia energética, reducir el desperdicio de energía y obtener beneficios ambientales relacionados auditorías energéticas. Se rige, al igual que el resto de normas bajo una base de planificar, hacer, verificar y revisar. (Gonzales & Del Castillo, 2020)

2.7.1 Etapas del proceso de auditoría energética

El proceso de auditoría energética enmarcada en la norma ISO 50002 consta de las siguientes etapas: (ISO, 2014)

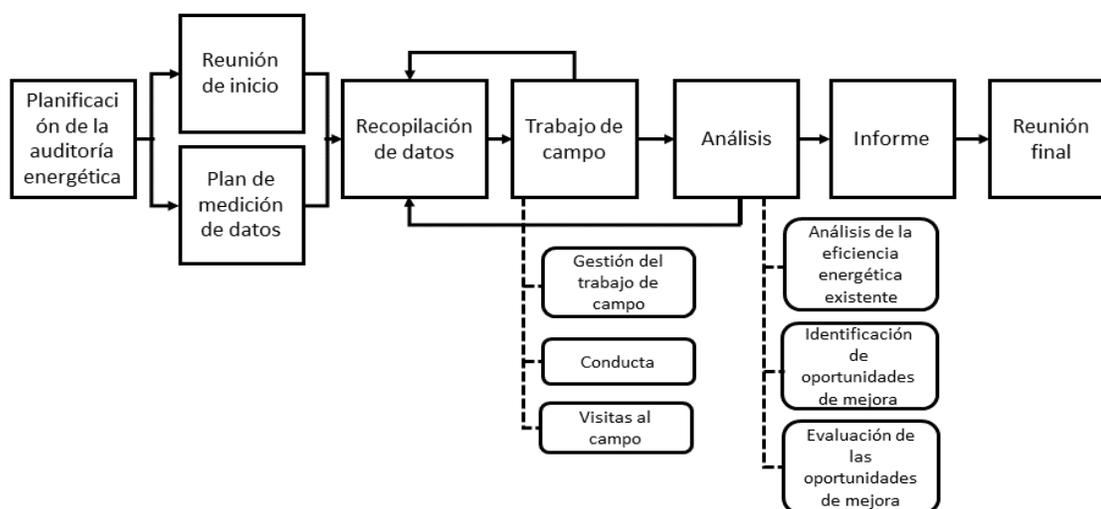


Ilustración 6 Diagrama de Flujo del Proceso de auditoría energética

Planificación de la auditoría energética

Las actividades de planificación de la auditoría energética son esenciales para definir el alcance de los trabajos y para recopilar información preliminar de la organización.

Para llevar a cabo la auditoría se deben definir: el objetivo de la auditoría, límite, objetivos, necesidades y expectativas; nivel de detalle requerido, periodo de tiempo para completar la auditoría de energía; criterios para evaluar oportunidades para mejorar el rendimiento

energético: compromisos de tiempo y otros recursos de la organización; los datos relevantes se pondrán a disposición antes de que comience la auditoría energética; entregables esperados y formato requerido de informe; persona responsable del proceso de auditoría energética dentro de la organización. (ISO, 2014)

Plan de medición de datos

Se debe contar con la lista de los puntos de medición existentes y sus procesos asociados; identificación de puntos de medición adicionales necesarios, equipos de medición adecuados, sus procesos asociados y factibilidad de instalación; duración de la medición: única o registrada electrónicamente; frecuencia de adquisición para cada medición; periodo identificado durante el cual la actividad de la empresa es representativa; responsables de la realización de las mediciones. Precisión y repetibilidad requeridas para las mediciones.

Reunión de inicio

El propósito de la reunión de inicio es informar a todas las partes interesadas sobre los objetivos de la auditoría, el alcance, el límite, el nivel de detalle y acordar los arreglos para la auditoría energética (por ejemplo, inducciones de seguridad del sitio, acceso, seguridad, etc.).

Recopilación de datos

Se debe recopilar la lista de sistemas, procesos y equipos que consumen energía; características detalladas de los objetos auditados, incluidas las variables relevantes conocidas y cómo la organización cree que influyen en el consumo de energía; datos actuales e históricos; monitorear la configuración del equipo y la información de análisis; planes futuros que afectan el uso de la energía; documentos de diseño, operación y mantenimiento; auditorías energéticas o estudios previos relacionados con la energía y el rendimiento energético; tarifa actual o de referencia para el análisis financiero; otros datos económicos relevantes; conocimiento sobre cómo la organización gestiona su energía; configuración relativa del sistema de distribución de energía y la estructura de gestión.

Trabajo de Campo

- **Gestión del trabajo de campo** El auditor de energía deberá inspeccionar los objetos auditados dentro del límite. evaluar el uso de energía de los objetos auditados de acuerdo con el alcance, el límite, el objetivo de la auditoria y el nivel de detalles; comprender el impacto de las rutinas operativas y el comportamiento del usuario en el rendimiento energético.
- **Conducta** El auditor de energía deberá asegurarse de que las mediciones y observaciones se realicen en circunstancias que sean representativas de la operación normal; asegurarse de que los datos históricos proporcionados sean representativos del funcionamiento normal; informar sin demora a la organización de cualquier dificultad inesperada encontrada durante el trabajo.

Visitas al sitio

El auditor de energía debe solicitar a la organización que identifique a una o más personas para que actúen como guía y acompañen al auditor de energía durante las visitas al sitio según sea necesario; estas personas deberán tener las competencias y la autoridad necesarias para solicitar o realizar operaciones directas sobre procesos y equipos, si es necesario; donde corresponda.

Identificar a una o más personas para instalar registradores de datos y equipos de monitoreo de energía durante las visitas al sitio; estas personas deben tener la autoridad necesaria para solicitar al personal de operación o mantenimiento autorizado que realice operaciones directas en los procesos y equipos, si es necesario; dar al auditor de la energía acceso a documentos relevantes.

Análisis

- **General:** El auditor de energía deberá: evaluar la confiabilidad de los datos proporcionados y resaltar las fallas o anomalías y juzgar si la información proporcionada permite o no que el proceso de auditoría de energía continúe y que se alcancen los objetivos de auditoría acordados; utilizar métodos de cálculo transparentes y técnicamente apropiados; documentar los métodos utilizados y cualquier supuesto

hecho; someter los resultados del análisis a controles de calidad y validez apropiados considerar cualquier limitación regulatoria o de otro tipo de las oportunidades para mejorar el rendimiento energético.

Análisis del rendimiento energético existente

Durante esta fase, el auditor de energía debe establecer el rendimiento energético existente del objeto auditado, El rendimiento energético existente proporciona la base para evaluar mejoras. Incluirá un desglose del consumo de energía por uso y fuente; flujos de energía y, cuando corresponda, un balance de energía del objeto auditado, patrón histórico de rendimiento energético, rendimiento energético esperado, en su caso las relaciones entre el rendimiento energético y las variables relevantes, validación de los indicadores de rendimiento energético existentes y si es necesario propuesta para un nuevo indicador de rendimiento energético.

Identificación de oportunidades de mejora.

El auditor de energía debe identificar las oportunidades de mejora del rendimiento energético basadas en el análisis de datos y su propia experiencia; evaluación de las opciones de diseño y configuración para satisfacer las necesidades del sistema; la tecnología de los objetos auditados existentes en comparación con los más eficientes del mercado; nuevas soluciones técnicas avanzadas; mejores prácticas.

Evaluación de oportunidades de mejora.

El auditor de energía evaluará el impacto de cada oportunidad en el rendimiento energético existente basándose en el ahorro de energía durante un periodo de tiempo acordado; ahorro financiero provisto por las oportunidades de mejora del rendimiento energético; inversiones necesarias; criterios económicos acordados; otras ganancias no energéticas (como la productividad o el mantenimiento); notar las interacciones potenciales entre varias oportunidades; en aquellos casos en que sea apropiado para el alcance, el límite y el objetivo de auditoría acordados de la auditoría de energía, el auditor de energía debe complementar estos resultados con: requisitos para datos adicionales; definición de cualquier análisis adicional que pueda ser necesario.

2.7.2 Clasificación de auditorías energéticas

Por procesos generales

- **Auditorías eléctricas:** Se realizan sobre equipos o sistemas que producen, convierten, transfieren, distribuyen o consumen energía eléctrica.
- **Auditorías térmicas:** Se realizan sobre equipos o sistemas que producen, convierten, transportan o distribuyen fluidos líquidos o gaseosos.

2.7.3 Niveles de las auditorías energéticas

Dependiendo de las necesidades de la organización, se puede seleccionar uno o más de los niveles de evaluación como una guía para la determinación del alcance y el nivel de detalle de la auditoría. Los niveles de auditoría no son requisitos absolutos. Las organizaciones pueden ajustar el nivel de detalle de la auditoría de energía entre los niveles 1-3 para adaptarse a las necesidades de la organización. (Larrahondo, 2019)

El nivel 1 representa el nivel mínimo de detalle que podría denominarse adecuadamente como una auditoría energética. El nivel apropiado de detalle requerido para una auditoría depende del objeto de la auditoría, los usos de energía y el consumo de energía y los recursos disponibles para la auditoría. Como actividad de auditoría preliminar, la organización y el auditor de energía deben establecer la disponibilidad de datos para la auditoría de energía y determinar si los datos son suficientes para permitir un mayor nivel de auditoría.

Si se requiere una medición adicional, entonces la organización y el auditor deberían acordar el alcance de las mediciones requeridas antes de realizar la auditoría. Para auditorías en o por encima del nivel 2, es aconsejable que la organización y el auditor acuerden una tarifa actual o una tarifa de referencia para el análisis financiero.

Es posible que algunas partes de esta Norma Internacional no sean aplicables para los auditores internos según el nivel de detalle requerido para la auditoría y la familiaridad del auditor con el área (por ejemplo, la reunión de inicio). Según el nivel de detalle, una organización puede elegir una auditoría externa para cumplir con los requisitos de esta Norma Internacional. Puede haber algunos casos en los que la organización elija realizar una auditoría utilizando una combinación de auditores internos y externos.

Las encuestas de energía de alto nivel, como un breve recorrido por el sitio o un análisis simple de las facturas mensuales de energía, son actividades preliminares que se pueden realizar antes de una auditoría, pero no deben considerarse auditorías energéticas. En tales casos, las

organizaciones pueden referirse a los requisitos estándar como la mejor práctica, pero no necesariamente cumplir con los requisitos estándar. (Larrañondo, 2019)

Tabla N°1 Niveles de Auditoría (Larrañondo, 2019)

| Niveles | Descripción |
|---------|---|
| Nivel 1 | Proporciona una visión general cuantitativa del rendimiento energético basado en datos de visión general; destinado a determinar el potencial de mejora del rendimiento energético basado en una evaluación adicional para identificar sistemas específicos que merecen un mayor nivel de atención. Dirigido a organizaciones pequeñas y medianas, para las cuales una auditoría detallada no suele ser rentable. Implica un recorrido por el sitio para inspeccionar visualmente los sistemas que utilizan energía; incluye una evaluación de los datos energéticos generales para analizar el uso y los patrones de energía; identifica oportunidades sin costo y de bajo costo para mejorar el rendimiento energético. |
| Nivel 2 | Auditoría detallada para permitir recomendaciones de ahorro de energía cuantificadas en lugar de numerosas recomendaciones para llevar a cabo una investigación adicional; algunos proyectos u oportunidades importantes pueden requerir datos adicionales para cuantificar las mejoras, los costos y los beneficios del rendimiento energético, y aun pueden requerir más investigación. Cuantifica el consumo de energía a través de una revisión y análisis más detallado de los equipos, sistemas y características operativas. Incluye mediciones y pruebas en el sitio donde se encuentra dentro del alcance de auditoría. Los auditores deben tener experiencia técnica, gerencial y profesional, así como habilidades y familiaridad con los usos de energía que se auditan para analizar datos detallados de energía y procesos para identificar y evaluar oportunidades. |
| Nivel 3 | Define una auditoría Integral para cuantificar los gastos de capital que generalmente se realiza después de una auditoría de nivel 1 o nivel 2; a menudo una evaluación a nivel de proceso o subsistema, como para un sistema de bombeo. Auditoría detallada para cuantificar el consumo de energía a través de una revisión y análisis más detallados de los equipos, sistemas, características operativas y mediciones en el sitio, teniendo en cuenta las diferentes demandas del sistema. Se debe monitorear los datos de energía durante un periodo lo suficientemente largo como para capturar las diversas condiciones de operación y las variables relevantes que requieren su propio conjunto de mediciones. El informe de una auditoría de Nivel 3 proporciona niveles de grado de Inversión de precisión para proporcionar información al proceso de gastos de capital de la organización. |

Tabla 1. Niveles de Auditorías Energéticas

2.8 Norma ISO 50006: Sistemas de Gestión de Energía

Esta norma proporciona a las organizaciones una orientación práctica sobre cómo cumplir con los requisitos de ISO 50001 relacionadas con la creación, uso y mantenimiento de los indicadores de desempeño energético (IDE) y líneas base de energía (LBE) en la medición del desempeño energético y de los cambios del desempeño energético.

Los IDEs y LBEs son dos elementos claves interrelacionados de ISO 50001 que permiten la medición, y por lo tanto la gestión de la energía en una organización. Desempeño energético es un concepto amplio que se relaciona con el consumo de energía, el uso de energía y la eficiencia energética. (BSI.Standards Publication, 2014)

Con el fin de gestionar eficazmente el desempeño energético de sus instalaciones, sistemas, procesos y equipos, las organizaciones necesitan saber cómo se usa la energía y cuánta se consume en el tiempo. Un IDE es un valor o medida que cuantifica los resultados relacionados con el desempeño energético, el uso y el consumo en instalaciones, sistemas, procesos y equipos. Las organizaciones utilizan IDEs como una medida de su desempeño energético. (BSI.Standards Publication, 2014)

La LBE es una referencia que caracteriza y cuantifica el desempeño energético de una organización durante un período de tiempo especificado. La LBE permite a una organización evaluar los cambios en el desempeño energético entre períodos seleccionados.

La LBE también se utiliza para el cálculo del ahorro de energía, como referencia antes y después de la implementación de acciones de mejora de desempeño energético. (BSI.Standards Publication, 2014)

Las organizaciones definen metas para el desempeño energético como parte del proceso de planificación de la energía en sus sistemas de gestión de energía (SGE). La organización necesita tener en cuenta las metas específicas de desempeño energético, mientras se identifican y diseñan los IDEs y las LBEs. La relación entre el desempeño energético, IDEs, LBEs y metas energéticas se ilustran en la siguiente figura: (BSI.Standards Publication, 2014)

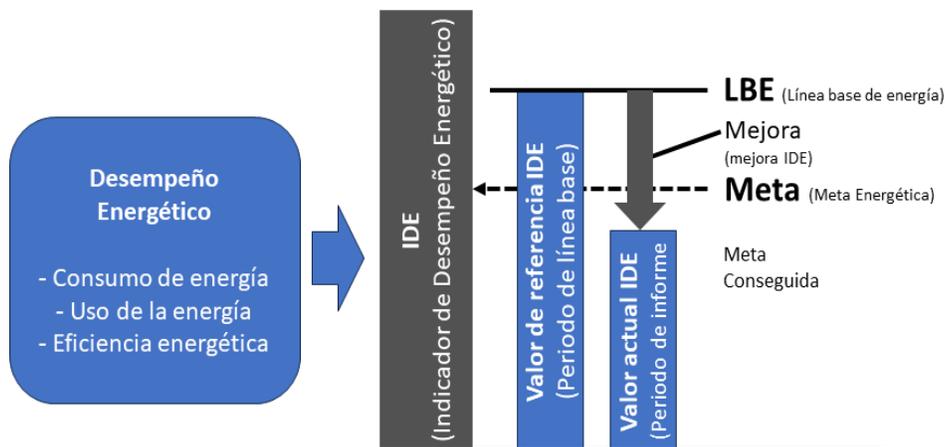


Ilustración 7 Relación entre desempeño energético, IDEs, LBEs y metas energéticas

2.8.1 Alcance y campo de aplicación

Esta norma proporciona orientación a las organizaciones sobre cómo establecer, utilizar y mantener los indicadores de desempeño energético (IDE) y líneas base de energía (LBE) como parte del proceso de medición del desempeño energético. (BSI.Standards Publication, 2014)

La orientación en esta norma es aplicable a cualquier organización, independientemente de su tamaño, tipo, ubicación o nivel de madurez en el campo de la gestión de la energía. (BSI.Standards Publication, 2014)

El procedimiento establecido por esta norma para realizar una buena evaluación de la eficiencia energética se recoge en la ilustración N°8. Este proceso consta de cinco partes fundamentales:

1. Obtención de información relevante del rendimiento energético a partir de revisiones anteriores.
2. Identificación de los indicadores de la eficiencia energética.
3. Establecimiento de líneas de base energéticas.
4. Uso de indicadores y líneas base.
5. Mantenimiento y ajuste de indicadores y líneas base. (BSI.Standards Publication, 2014)

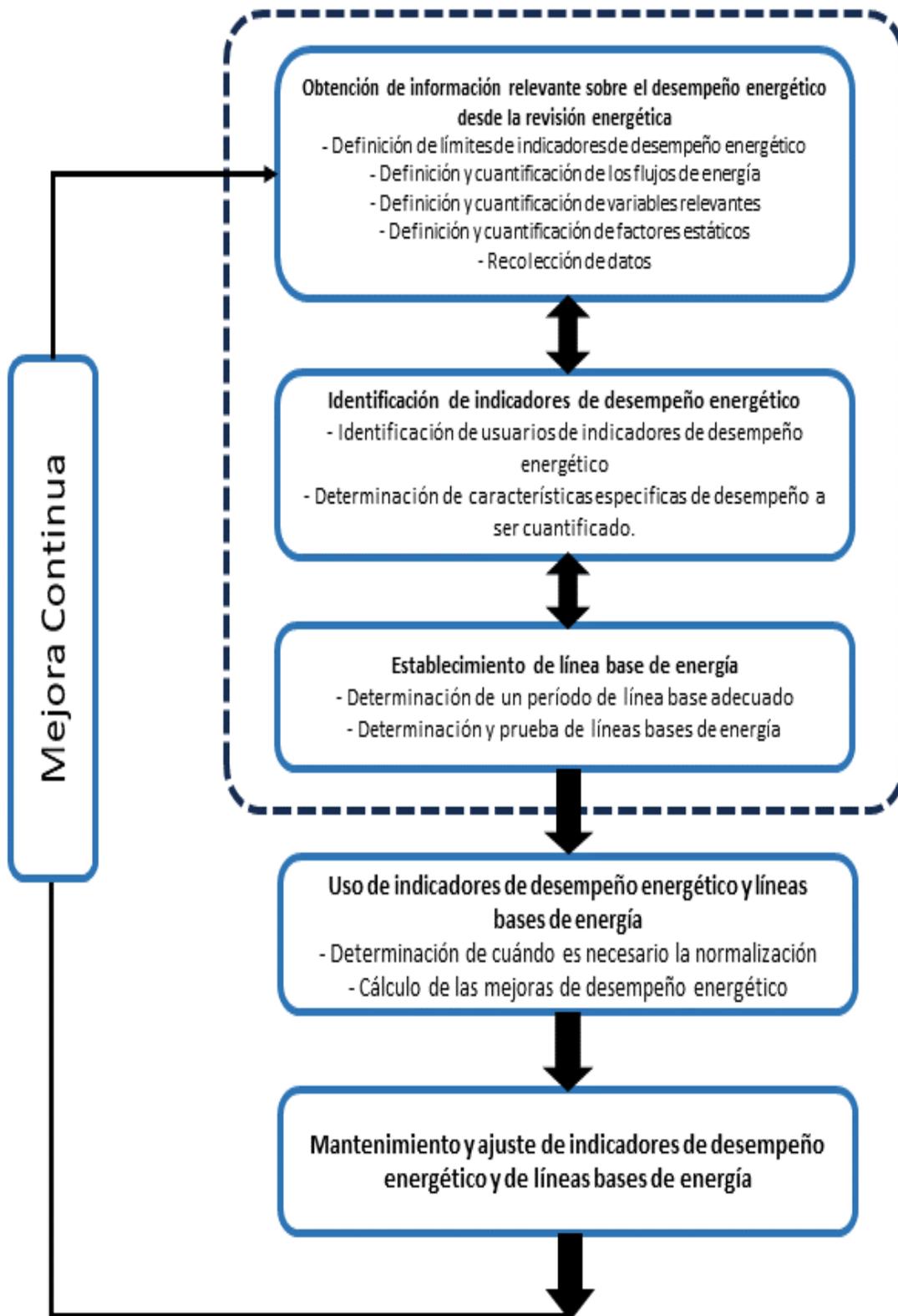


Ilustración 8 Información general sobre la medición de la eficiencia energética

2.8.2 Obtención de información relevante del rendimiento energético a partir de revisiones anteriores.

Se comienza definiendo los límites de los indicadores para lo que se debe tener en cuenta:

- Las responsabilidades organizativas en relación con la gestión de la energía
- La facilidad de aislar el límite de los indicadores mediante mediciones de la energía y de variables relevantes.
- Los límites de los Sistemas de Gestión de Energía (SGEn) (BSI.Standards Publication, 2014)
- El uso significativo de la energía o grupo de usos que la organización designa como prioridad para controlar y mejorar.
- Equipos y procesos que la administración quiera aislar y administrar.

Una vez definidos los límites, se deben fijar y cuantificar los flujos de energía que atraviesan dichos límites. Para ello se utilizan diagramas o mapas energéticos donde se muestran los flujos interiores y los que cruzan los límites. Dependiendo de las necesidades de la organización y de sus SGEn se debe definir otras variables que sean relevantes para definir y evaluar los límites de cada indicador. Para determinar qué variables son relevantes se realiza un análisis de los datos.

Otros datos que se deben tener en cuenta son los estáticos ya que pueden modificar el valor de los límites. Es importante documentar el estado de estos factores durante el establecimiento de los indicadores y de las líneas base. Aunque los factores estáticos no varíen sustancialmente en el periodo de referencia, si las condiciones cambian, éstos podrían cambiar por lo que deben ser revisados.

Por último, se ha de hacer una recolección de datos. Los datos a reunir han de ser especificados por la entidad para cada indicador de desempeño energético (Energy Performance Indicators EnPI) y su correspondiente a Base Energética de Referencia EnB. La recogida de datos será periódica y el organismo seleccionará la frecuencia con la que se realizará dicha recolección.

Las medidas tomadas y calculadas utilizarán datos recogidos en un periodo de tiempo específico. Antes de proceder al cálculo de EnPI y EnB, la organización revisará el sistema de

medida, así como las variables relevantes para asegurar la calidad de los datos. Además, se debe considerar la calibración de los equipos para reducir el riesgo de obtener datos inexactos.

2.8.3 Identificación de los indicadores de la eficiencia energética

Para el reconocimiento de los EnPIs, la entidad ha de comprender sus características de consumo tales como la carga base, las cargas variables, la ocupación y el clima entre otros factores. El organismo debe fijar unos objetivos para la planificación del rendimiento energético. Estos objetivos se caracterizarán por los valores de los indicadores. (BSI.Standards Publication, 2014)

2.8.4 Los principales tipos de EnPIs son:

- Valor de energía medido: consumos.
- Relación de los valores medidos: expresión de la eficiencia energética.
- Modelo estadístico: relación entre el consumo de energía y variables relevantes.
- Modelo basado en la ingeniería: relación entre el consumo de energía y variables relevantes a partir de simulaciones.

Los indicadores deben ser fácilmente comprensibles por los usuarios, adaptándose a la necesidad de los mismos. (BSI.Standards Publication, 2014)

2.8.5 Establecimiento de líneas de base energéticas

Las EnBs se caracterizan por los valores de los EnPIs durante el periodo de línea base. Los pasos a seguir para establecer las líneas base son:

- Determinar el propósito específico que se utilizará en EnBs.
- Determinar un período de datos adecuado: el periodo de referencia y el de presentación de informes debe ser lo suficientemente largo como para asegurar la variabilidad de los patrones. Son de 12 meses para tener en cuenta la relación entre el consumo y las estaciones.
- Recopilación de datos.
- Determinar y comprobar la EnBs: para determinar las líneas base, deben medirse y calcularse los diferentes indicadores haciendo uso del consumo de energía, así como de

las variables relevantes. Se ha de probar la validez de la EnB para asegurar que es una referencia apropiada. (BSI.Standards Publication, 2014)

2.8.6 Uso de indicadores y líneas base energéticos

Se ha de determinar cuándo es necesaria la normalización. La comparación directa de consumo de energía con los períodos de referencia y de notificación (método no normalizado) sólo es válido si no se producen cambios significativos. La normalización se realiza de la siguiente manera:

- Para el caso de una carga base pequeña y una única variable relevante, una sencilla relación entre la energía consumida y dicha variable significativa.
- Para el caso de una carga base grande o varias variables relevantes, se utiliza un modelo que describa dicha relación.

En cuanto al cálculo de las mejoras de eficiencia energética, se evalúan los cambios producidos comparando los valores con las EnBs. Dichos cambios han de ser comunicados. (BSI.Standards Publication, 2014)

2.8.7 Mantenimiento y ajuste de indicadores y líneas base

La entidad debe asegurarse de que los EnPIs, los límites y EnB siguen siendo adecuados ya que cuando se producen cambios en las instalaciones, procesos o sistemas, puede ocurrir que el uso de la energía, el consumo u otras variables se vean afectados. Para hacer dicha comprobación existen diferentes pruebas:

- Utilizando modelos estadísticos comparar los valores de referencia con los rangos estadísticos válidos.
- Identificar cualquier cambio importante en factores estáticos.

Si los valores de la línea base ya no son válidos, se pueden ajustar el período de referencia o ajustarla sin cambiar el período, utilizando varios métodos:

- **Backcasting:** se utilizan los datos del período para desarrollar un modelo estadístico, y luego se calcula el ejercicio con los datos reales.

- Se toman los datos en condiciones estándar para desarrollar un modelo estadístico y posteriormente se calcula el ejercicio con la energía real y las variables relevantes desde el inicio del estudio y presentación de informes.

También se puede utilizar una combinación de ambos. (BSI.Standards Publication, 2014)

2.9 Norma ISO 50015: Sistemas de gestión de la energía, Medición y Verificación del rendimiento energético de las organizaciones

La norma ISO 50015, establece principios generales y directrices para el proceso de medición y verificación (M&V) del desempeño energético de una organización o sus componentes. Esta Norma Internacional se puede utilizar de forma independiente o en conjunto con otras normas o protocolos, y se puede aplicar a todo tipo de energía. (ISO 50015:2014, 2014)

El propósito de esta norma es establecer un conjunto de principios y directrices que se utilizaran para la medición y verificación (M&V) de la eficiencia energética de una entidad o sus componentes. Los M&V tienen como finalidad proporcionar confianza a las partes interesadas sobre los resultados. Deben dirigirse los siguientes principios:

1. **La exactitud y la gestión de la incertidumbre apropiada:** la incertidumbre de los resultados, incluida la precisión de la medición, debe ser administrado a un nivel apropiado para el propósito de la M&V.
2. **La transparencia y la reproducibilidad del proceso de M&V:** un proceso M&V debe ser documentado para garantizar la transparencia y la trazabilidad del proceso, contribuyendo así a la confianza de los resultados.
3. **La gestión de datos y la planificación de mediciones:** la gestión de datos incluye los medios para almacenar, mantener y asegurar los datos. Debe incluir, además, información sobre la planificación acerca de la ubicación, la frecuencia, los sensores, etc, Todo ello irá incorporado en la documentación.
4. **La competencia del practicante de M&V:** el organismo debe definir los requisitos de competencia ayudando así a la confianza en los resultados.
5. **La imparcialidad:** el plan de M&V, así como los informes del mismo deben contener una declaración sobre la imparcialidad del practicante de M&V.

6. **Confidencialidad:** cualquier información confidencial necesaria para llevar a cabo la M&V debe ser accesible al practicante de la misma, debiendo documentar la falta de la misma en el plan de M&V en caso de que pueda afectar al resultado.
7. **El uso de métodos apropiados:** la selección del método de cálculo y método de M&V estarán establecidos en el plan de M&V. 2.9.1 Plan de medición y verificación

Existen seis pasos fundamentales del proceso especificados en el plan de medición y verificación véase Figura 10: (ISO 50015:2014, 2014)

1. Establecer y documentar el plan de medición y verificación, es decir, detallar cada una de las fases que lo forman.
2. Recogida de datos.
3. Verificar la implementación de la acción de mejora de la eficiencia energética (EPIAs)
4. Realizar el análisis de medición y verificación.
5. Informe de resultados y emisión de documentación.
6. Revisar, en caso de que sea necesario, la necesidad de repetir el proceso.

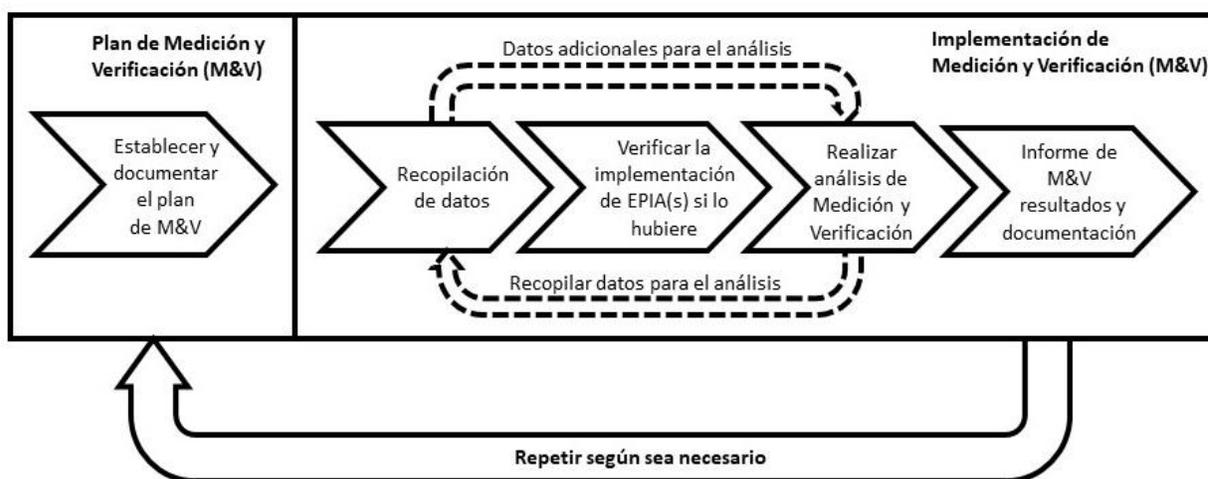


Ilustración 9 Pasos fundamentales del proceso de Medición y Verificación

Las líneas bases energéticas son utilizadas en varias partes del proceso de Medición y Verificación:

- La acción de mejora de la eficiencia energética que incluye las EnBs como parte de su descripción.

- La elección de los límites de Medición y Verificación.
- La evaluación preliminar del plan de Medición y Verificación.
- El análisis de los resultados de Medición y Verificación

Establecimiento y ajuste de líneas base

Esta norma, además, establece y ajusta las líneas base energéticas. Las EnBs deben ser establecidas de acuerdo con las directrices y métodos del M&V, así como los datos utilizados, cuando se quiera mejorar el rendimiento energético a partir de éstas. (ISO 50015:2014, 2014)

Las líneas base deben ser establecidas antes de aplicar cualquier EPIA (Examine energy performance improvement actions), salvo que estén disponibles los datos para obtener dicha línea base. Se documentará el establecimiento de las EnBs incluyendo la siguiente información:

- Los datos brutos utilizados para obtener la línea base.
- El período de tiempo específico utilizado con las condiciones que implique.
- El proceso seguido.
- Los datos procesados.

En el ajuste de EnB, se proporcionarán las condiciones y razones por las que dicho ajuste es necesario y el método empleado para realizarlos. Se incluyen también ajustes no rutinarios donde se incorporan los medios para supervisar que exista la necesidad de dichos ajustes, el procedimiento a seguir en los mismos, así como el método específico a utilizar. (ISO 50015:2014, 2014)

2.10 IEEE Práctica recomendada para la Gestión de la Energía en Instalaciones Industriales y Comerciales (Libro de Bronce)

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE por sus siglas en inglés), El propósito de esta guía recomendada es proporcionar una práctica de diseño estándar para ayudar a los ingenieros a evaluar las opciones eléctricas desde el punto de vista de la energía.

La intención es más bien establecer técnicas y procedimientos de ingeniería que permitan optimizar la eficiencia en el diseño y operación de un sistema eléctrico considerando todos los aspectos (seguridad, costos, medio ambiente, ocupantes de la instalación, necesidades de gestión, etc.). (IEEE (Libro de Bronce), 1996)

Práctica recomendada de IEEE para la gestión de energía en instalaciones industriales y comerciales (comúnmente conocida como el Libro de bronce de IEEE) es publicada por el Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos (IEEE) para proporcionar una práctica recomendada para la gestión de energía eléctrica en instalaciones industriales e instalaciones comerciales.

La gestión de la energía abarca la ingeniería, el diseño, las aplicaciones, la utilización y, en cierta medida, la operación y el mantenimiento de los sistemas de energía eléctrica para proporcionar el uso óptimo de la energía eléctrica. Óptimo en este caso se refiere al diseño o modificación de un sistema para usar la energía total mínima donde los ahorros de energía potenciales o reales se justifican sobre una base económica o de costo-beneficio.

La optimización también involucra factores como la comodidad, las condiciones de trabajo saludables, los aspectos prácticos de la productividad, la aceptabilidad estética del espacio y las relaciones públicas. (IEEE (Libro de Bronce), 1996)

2.10.1 Organización para la gestión de la energía

Cualquier proceso requiere un cierto consumo mínimo de energía. Las adiciones de energía (o equipo) más allá de este mínimo requieren una evaluación del costo incremental de equipos o técnicas más eficientes versus los ahorros o costos de energía resultantes.

Algunos de los usuarios más intensivos de energía industrial, incluidos los productos químicos, el papel y la refinación de petróleo, han descubierto durante mucho tiempo que es competitivamente ventajoso diseñar para la conservación de la energía. Prácticamente todos los nuevos diseños de instalaciones comerciales/industriales consideran la conservación de energía de alguna forma. (IEEE (Libro de Bronce), 1996)

- **Medidas de limpieza.** El ahorro de energía puede resultar de un mejor mantenimiento y operación. Tales medidas incluyen apagar el equipo que no se usa; mejorar la gestión de la demanda de electricidad; reducir los ajustes de temperatura de invierno; apagar las luces; y eliminando vapor, aire comprimido y fugas de calor. La lubricación adecuada de los equipos, la limpieza adecuada y el reemplazo de filtros en los equipos, y la limpieza periódica y el reemplazo de lámparas en los sistemas de iluminación darán como resultado un uso óptimo de la energía en las instalaciones existentes.

- **Modificaciones de equipos y procesos.** Estos pueden aplicarse a equipos existentes (retro adaptación) o incorporarse en el diseño de nuevos equipos. Los ejemplos incluyen el uso de componentes más duraderos o más eficientes; la implementación de conceptos de diseño novedosos y más eficientes; o la sustitución de un proceso existente por uno que utilice menos energía.
- **Mejor aprovechamiento de los equipos.** Esto se puede lograr examinando cuidadosamente los procesos de producción, los cronogramas y las prácticas operativas. Por lo general, las plantas industriales son instalaciones de múltiples unidades y múltiples productos que evolucionaron como una serie de operaciones independientes con una consideración mínima de la eficiencia energética general de la planta.

Las mejoras en la eficiencia de la planta se pueden lograr a través de la secuencia adecuada de las operaciones del proceso, reorganizando los horarios para utilizar el equipo del proceso durante períodos continuos de operación para minimizar las pérdidas asociadas con la puesta en marcha; programar operaciones de procesos fuera de los períodos pico para nivelar la demanda de energía eléctrica; y conservar el uso de energía durante los períodos de máxima demanda. Las instalaciones comerciales generalmente lograrán ahorros de energía mediante el reemplazo de lámparas, la instalación de variadores de velocidad ajustables en los sistemas de ventilación y la consideración de los efectos solares.

- **Reducción de pérdidas en la envolvente del edificio.** La reducción de la pérdida de calor se logra agregando aislamiento, cerrando puertas, reduciendo el escape, utilizando el calor del proceso, etc.

La gerencia debe proporcionar motivación, planificación y administración efectivas al personal para lograr ahorros de energía significativos. El establecimiento de una responsabilidad de gestión de energía formalizada es altamente deseable para dar al esfuerzo tanto el enfoque como la dirección requerida.

Una función de administración de energía brinda al gerente de línea las herramientas para hacer el trabajo. Los gerentes de línea necesitan conocer su uso y costos de energía, la disponibilidad futura del suministro de energía y su costo, los problemas u oportunidades de las situaciones energéticas y aquellas soluciones alternativas que vale la pena buscar.

2.10.2 Organización del programa

Se debe desarrollar un plan organizacional, utilizando los criterios anteriores, tanto para implementar como para monitorear programas específicos de administración de energía. Este plan también debe definir las responsabilidades del coordinador o comité de gestión energética; describir un sistema de comunicación eficaz entre el coordinador y las principales divisiones, departamentos y empleados; establecer un sistema de contabilidad y monitoreo de energía; y proporcionar los medios para educar y motivar a los empleados. Se deben establecer metas realistas que sean específicas tanto en cantidad como en tiempo. (IEEE (Libro de Bronce), 1996)

Los cinco factores críticos para organizar un programa eficaz de gestión de la energía son los siguientes:

1. **Obtener el compromiso energético de la alta dirección.**

Esta es una dedicación formalmente comunicada y respaldada financieramente para reducir el consumo de energía mientras se mantiene o mejora el funcionamiento de una instalación. Este compromiso debe ser activo y comunicado de forma clara y visible a todos los niveles de la organización en términos de palabras y acciones por parte de la alta dirección.

2. **Obtener el compromiso de las personas.**

Las personas de todos los niveles de la organización deben participar en el programa. Las ideas deben alentarse con recompensas por contribuciones significativas al programa de gestión de energía. Se debe mostrar a las personas por qué se necesita su ayuda y se debe desarrollar un enfoque de equipo. El programa planificado con más éxito puede ser devastado por una sola persona que intente subvertir el programa.

3. **Establecer un canal de comunicación.**

El propósito de este canal es informar a la organización los resultados de sus esfuerzos, reconocer a los grandes triunfadores e identificar a los destinatarios de las recompensas. Utilice el canal para publicitar el programa y fomentar la cooperación.

4. **Cambiar o modificar la organización para dar autoridad y responsabilidad proporcional para el esfuerzo de conservación y desarrollar un programa de manejo de energía.**

5. **Establecer un medio de seguimiento y control del programa.** (IEEE (Libro de Bronce), 1996)

2.11 Guía para la calificación de consultores en eficiencia energética

La guía está organizada en 4 secciones, cada una de las cuales está dividida en sub secciones con temas relacionados a las auditorías energética e implementación de proyectos de eficiencia energética:

- 1- Metodología para la realización de auditorías de eficiencia energéticas.
- 2- Opciones de mejora de eficiencia energética en procesos eléctricos.
- 3- Opciones de mejora de eficiencia energética en procesos térmicos.
4. Gestión energética e implementación de proyectos.

Sección 1

Metodología para la realización de auditorías de eficiencia energéticas.

Se entiende por eficiencia energética a aquellas acciones que apuntan a reducir el consumo de energía sin sacrificar el confort o la actividad económica. Los beneficios de la eficiencia energética entre ellos están:

- Menor consumo de energía, ya sea combustible, electricidad o alguna fuente renovable.
- Menor consumo de otros recursos ligados al abastecimiento energético.
- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Hacer eficiencia energética involucra mejoras en la operación y mantenimiento de los sistemas, lo que también conlleva a: disminución de fallas inesperadas, mayor confiabilidad, menos pérdidas de producción, mayor productividad y reducción de costos de producción.
- Mejor estética de la infraestructura productiva de la industria, lo cual puede mejorar la imagen corporativa de la empresa y el ánimo del personal al estar en un “mejor” lugar de trabajo, lo que por ende mejorará su productividad.

Una auditoría energética consiste en la verificación, monitoreo y análisis del uso eficiente de la energía (EE), incluyendo la presentación de informes técnicos y financieros sobre las recomendaciones para mejorar la EE con análisis de costo-beneficio y plan de acción para implementar las recomendaciones.

Entre las motivaciones y objetivos para realizar una auditoría energética se encuentran:

- Gestión de los costos de la empresa aprovechando el potencial ahorro de energía.
- Ayuda a entender mejor la forma en que la energía es utilizada en una planta.
- Ayuda a identificar las áreas donde existen pérdidas de energía y donde enfocar las mejoras.
- Permite encontrar soluciones factibles, técnica y económicamente.
- Considera la estructura organizacional y marcos de tiempo involucrados.

Las auditorías energéticas constituyen la base de las intervenciones y mejoras específicas en materia de consumo energético, uso eficiente de la energía y reducción de emisiones de GEI en una empresa. Hay que distinguir los tipos de energía que se audita, porque no todos los consultores cuentan en su equipo profesional con los especialistas requeridos para abordar todas las formas de energía; por lo que a veces la auditoría resulta sesgada: se enfoca sólo en los usos eléctricos, o sólo en los usos térmicos. Ante esto es importante fundamentar el enfoque dado a cada auditoría.

Los pasos que pueden distinguirse en la realización de una auditoría energética son: 1- Preparación de la auditoría: En esta fase pueden conocerse de forma global los principales procesos y oportunidades de mejora de eficiencia energética, de modo de priorizar el trabajo posterior de auditoría.

2- Caracterización energética de la empresa.

Consta de 3 partes:

(I) Recolección de información.

(II) Medición.

(III) Caracterización y análisis del uso de energía.

3- Identificación de oportunidades de mejora: A partir de este análisis se realiza una propuesta de mejoras de eficiencia energética, especificando sus características técnicas y económicas, y ahorro de energía asociado a la aplicación de cada medida.

4- Determinar beneficios e inversiones: A partir de este análisis se priorizan y seleccionan aquellas medidas viables económicamente.

5- Reporte: Que incluya los resultados de los pasos anteriores y un plan de implementación de las medidas propuestas, junto a las recomendaciones necesarias para su correcta puesta en marcha.

Sería apropiado agregar como fases siguientes a una auditoría energética:

6- Implementación: La ejecución de las oportunidades de mejora detectadas en la auditoría.

7- Mejora continua: establecimiento de un sistema de gestión de la energía.

2.11.1 Partes de un informe de auditoría

Un informe debe contar con las siguientes partes:

- 1- Resumen ejecutivo
- 2- Objetivos generales y específicos
- 3- Problemática energética auditada y justificación
- 4- Diagnostico energético
 - 4.1 Análisis del consumo energético
 - 4.2 Análisis del uso energético
 - 4.3 Descripción de las medidas de EE identificadas.
 - 4.4 Selección y priorización
- 5- Plan de implementación
- 6- Análisis Financiero
- 7- Conclusiones
- 8- Anexos

El éxito de una auditoría energética no sólo depende de que sea realizada por un buen consultor, sino que se requiere además el trabajo de la empresa para la auditoría: participación de la

empresa en la auditoría, el compromiso de la empresa con la eficiencia energética y constituir una buena contraparte técnica.

2.11.2 Metodologías de análisis energético

La auditoría energética requiere conocer donde se consume la energía y cuánta energía se consume en cada sistema. Cuando se tiene una idea de los principales flujos de energía entonces es posible identificar los puntos donde hay menor eficiencia energética y los puntos de mayor demanda.

Entre las herramientas que ayudan al auditor a entender el uso de energía en una planta existen distintos tipos de diagramas que pueden utilizarse de forma complementaria entre ellas están:

- Diagrama de torta
- Diagrama de flujo
- Diagrama Sankey
- Diagrama de Pareto

2.11.3 Indicadores Energéticos

El uso de indicadores permite tener información referenciada, la cual puede utilizarse para la comparación de un período a otro, e incluso para la comparación entre distintas plantas de un mismo sector industrial. Los indicadores más comúnmente utilizados son los siguientes:

Consumo específico: El consumo específico permite conocer la cantidad de energía que se requiere por cada unidad producida por una empresa, corresponde a la forma más común de establecer la eficiencia energética de una empresa, permitiendo compararla con otras empresas del rubro. Se recomienda graficar la evolución de este indicador a lo largo de un año, de modo de establecer un perfil que permita conocer el efecto de distintos factores sobre el consumo específico de una empresa. Los indicadores que permiten conocer el consumo específico son:

- Unidad energética / unidad de volumen, utilizado principalmente en empresas manufactureras. Ej: kWh/m³
- Unidad energética / unidad de peso, utilizado en empresas manufactureras y en empresas de transporte de carga. Ej: kWh/ton
- Unidad energética / unidad producida, utilizado en empresas manufactureras. Ej: kWh/unidad

- Unidad energética / superficie utilizada, utilizado principalmente en hostelería o similares. Ej: kWh/ m².
 - Unidad energética / por persona, utilizado en hotelería o empresas de servicio. Ej: kWh/ pasajero
 - Unidad energética / distancia recorrida, utilizado en empresas de transporte. Ej: kWh/ km. (Agencia Chilena de Eficiencia Energetica, 2015)
- **Rendimiento:** El rendimiento se estima a nivel de procesos, permite conocer la eficiencia energética específica de ciertas instalaciones. Al ser comparado con instalaciones similares permite conocer si la eficiencia energética está sobre o debajo de lo normal. Los indicadores que permiten conocer el rendimiento son:
- Unidad energética entregada/ unidad física consumida. Ej: Kcal/m³ para referirse a la energía entregada por una caldera por cada m³ de combustible consumido.
 - Unidad energética entregada/ unidad energética consumida. Ej: % de rendimiento de un motor.
 - Unidad física de producción/ unidad física consumida. Ej: km/lt para referirse a la cantidad de kilómetros entregados por un vehículo por cada litro de combustible consumido; Kg vapor / m³ para referirse a la producción de vapor por cada m³ de gas natural.
- **Intensidad energética:** La intensidad energética se estima a nivel de la empresa completa, permite conocer la eficiencia global de producción en términos de unidad energética consumida por unidad monetaria de ventas. Los indicadores que permiten conocer la intensidad son:
- Unidad energética/ unidad monetaria. Ej: kWh/US\$
 - Unidad física/ unidad monetaria. Ej: m³ de combustible/US\$

2.11.4 Fuentes de información

La caracterización energética requiere de un gran número de datos de consumos y demandas de energía. Sin embargo, no todas las empresas cuentan con datos detallados de sus consumos de energía, por lo que es tarea del consultor buscar la mejor alternativa. Algunas fuentes de datos para la caracterización energética son:

- Facturas de electricidad, gas, agua.
- Mediciones de parámetros básicos: temperaturas, caudales, tiempo, etc.
- Mediciones de parámetros específicos: Gases de escape, consumos de energía, etc.
- Consulta a operadores y técnicos
- Diagramas de procesos
- Datos de “placa” de equipos, manuales y planos de los mismos.
- Datos de mantenimiento
- Benchmarking
- Datos climáticos
- Información encontrada en la literatura especializada
- Información sobre la producción (cantidades)
- Planos e historia de los edificios

2.11.5 Evaluación de Propuestas

Costos de la Energía

La evaluación de un proyecto de eficiencia energética (EE) no se diferencia de la de otros proyectos y por tanto pueden aplicarse las mismas técnicas y pueden usarse los mismos indicadores de factibilidad que la empresa utiliza habitualmente. No obstante, existen algunos métodos simples específicos para proyectos de EE.

Los costos de la medida a implementar se conocerán en base a cotizaciones, se debe cotizar equipos, servicios y otros gastos asociados a la instalación de una mejora de eficiencia energética.

Los beneficios económicos en cada período de la medida corresponderán a la diferencia entre el costo por consumo de energía sin medida de eficiencia energética, y el costo por consumo de energía con medida de eficiencia energética. Conociendo el ahorro de energía este valor puede expresarse como:

$$\text{Ahorro } [\$] = \text{Ahorro } _ \text{ Energía [kWh]} \times \text{Costo } _ \text{ Energía } [\$ / \text{kWh}]$$

La valorización del costo de la pérdida de energía típicamente se hace de una manera simple, lo que en algunos casos puede ser erróneo al simplificar en demasía la estructura energética y de costos del problema, con consecuencias en la evaluación económica respectiva.

Sección 2

Opciones de mejora de eficiencia energética en procesos eléctricos.

2.11.6 Elementos de las instalaciones eléctricas

Se entiende como instalación eléctrica a todo tendido de conducción eléctrica que comienza desde el empalme de una planta industrial. Este proviene de la compañía proveedora y entrega energía a todos los sistemas de consumo eléctrico al interior de la planta, los cuales pueden ser de iluminación, fuerza motriz, etc.

A continuación, se detallan los pasos definidos por la IEEE al definir una instalación eléctrica.

- Definir las cargas individuales dentro de la planta.
- Coordinar el punto de empalme de energía más adecuado.
- Calcular la carga total y seleccionar la capacidad del transformador.
- Coordinar la ubicación del transformador y del equipo de servicio.
- Segregar las áreas que llevarán medición separada.
- Ubicar los tableros de distribución y de alumbrado y fuerza.
- Ubicar las bombas de extinción de incendios.
- Ubicar los equipos especiales, aire acondicionado, ventilación, elevadores, agua caliente, y otros.
- Ubicar las bombas de los tanques de agua potable.
- Ubicar el cuarto del generador de emergencia.
- Determinar el tamaño de los alimentadores y circuitos ramales.
- Determinar las protecciones requeridas.

Iluminación

Luminaria: Equipo utilizado para distribuir, filtrar o transformar la luz emitida por una o más lámparas. Las luminarias incluyen todas las partes necesarias para el funcionamiento y protección de las lámparas, exceptuando la lámpara misma.

Lámpara: Equipo que produce luz a partir de otra fuente de energía. En el presente capítulo esta fuente siempre será energía eléctrica. Los tipos de lámpara más comunes se encuentran descritos a continuación:

a) Lámparas Incandescentes: Este tipo de lámparas, produce luz al circular un flujo de corriente eléctrica a través de un filamento de wolframio encerrado en una bombilla de vidrio al vacío o relleno con algún gas noble.

b) Lámparas reflectantes: Este tipo de lámparas son por lo general del tipo incandescente, pero cuentan con un espejo reflectante de alta calidad que sigue la forma de la bombilla. El reflector es resistente a la corrosión y mejora la eficiencia lumínica de la lámpara.

c) Lámparas de descarga de gas o vapor: La luz producida por este tipo de lámparas es producida por la excitación de un gas contenido en una ampolla de vidrio con forma tubular o elíptica

2.11.7 Características de importancias de las lámparas y luminarias

De acuerdo a su uso y necesidades técnicas, es necesario conocer las siguientes características de la lámpara y luminaria. Notar que, en ciertos casos, la luminaria y la lámpara se consideran como una única unidad, lo que le facilita el cumplimiento de los requerimientos de protección y resistencia a los elementos.

Índice de Deslumbramiento (UGR): Se refiere a un fenómeno que afecta el confort visual sin provocar una disminución de la visión de los trabajadores. Dado que el ojo humano se adapta en forma progresiva a las condiciones de iluminación a las que se encuentra, es difícil, bajo este punto de vista, notar con facilidad posibles defectos de la instalación de iluminación.

Índice de Reproducción Cromática (Ra): También conocido como índice IRC o CRI (de sus siglas en inglés), este índice define la capacidad relativa que tiene una fuente de luz para reproducir los colores al ser comparado con el que presentan bajo una luz de referencia. Sus valores varían entre 0 y 100, mientras más alto el valor del CRI, mejor será la reproducción cromática.

Temperatura del Color: La temperatura corresponde a un código IP, al que se le asocia un conjunto de pruebas que la luminaria debe satisfacer.

2.11.8 Oportunidades de mejora a nivel de la demanda energética.

Requerimientos técnicos de iluminación

De acuerdo a las labores que se cumplan en la instalación, es necesario determinar los requerimientos mínimos para que éstas sean completadas sin inconvenientes. Para cada actividad entonces, se deberá cumplir con el nivel necesario de iluminación, comparando los actuales niveles con los recomendados para las distintas áreas. En conjunto con estos, idealmente, deben analizarse los requerimientos de color (temperatura y CRI) y calidad de la iluminación (brillo reducido, indirectos, decorativos, etc).

Requerimientos de producción

El área de trabajo debe contar con la adecuada iluminación para las labores que ahí se realicen, considerando incluso que existen tareas que requerirán de iluminación especial, generando el concepto de iluminación del área versus iluminación de tarea.

Toda labor requerirá de mantener un nivel de iluminación adecuado a lo largo de todo el período de trabajo, por ello, debe considerarse la necesidad de iluminación para todas las horas de trabajo. (Agencia Chilena de Eficiencia Energetica, 2015)

Utilización de medidas de Eficiencia Energética

Existen medidas de eficiencia que pueden ayudar a optimizar el uso energético al interior de una instalación. Éstas no deben afectar la producción ni la calidad de vida de los trabajadores, pero representan una solución de muy bajo costo y alta efectividad para disminuir el consumo energético.

Entre las medidas de Eficiencia Energética se pueden contar las siguientes:

- Utilizar iluminación específica para tareas y apagar las luces del techo.
- Proporcionar y utilizar interruptores manuales.
- Ofrecer más niveles de conmutación en la iluminación (utilización de dimmer y equipos de control).
- Sensibilizar a los empleados para fomentar el uso de controles de iluminación

2.11.9 Oportunidades de mejora de la eficiencia energética a nivel de los procesos y tecnologías

Evaluación de equipos

Es recomendable realizar análisis de iluminación de forma periódica, y a través de ellos determinar:

- La eliminación de lámparas o aparatos para reducir niveles para que coincida con los requeridos.
- El diseño de sistemas más adecuado: reducción del número del grupo de luminarias versus lugar de ubicación de la lámpara.
- Usar lámparas de potencia reducida o reemplazar luminarias, posiblemente la incorporación, sustitución de todo el sistema de iluminación por una más eficiente, por ejemplo, conmutación de incandescente a fluorescente o de T12 a fluorescente T8

El recambio de equipos en iluminación es, por lo general, una inversión que puede recuperarse en corto tiempo (dependiendo de las horas de uso diarias). Por ello, se recomienda utilizar lámparas LED en luces de salida y señalética, además de la sustitución de lámparas y accesorios por equipos de mejor eficiencia.

Plan de mantenimiento

Un correcto plan de mantenimiento permitirá no sólo extender la vida útil de los equipos de iluminación, sino que también mejorará la calidad de la iluminación en el área de influencia de estos. Se recomienda entonces la realización periódica de:

- Labores de limpieza de lámparas, luminarias, reflectores, difusores, pantallas, etc.
- Limpieza y pintura de paredes y techos
- Limpieza de vidrios de ventanas

2.11.10 Oportunidades de mejora de eficiencia energética a nivel del recurso energético

Mejor utilización del recurso iluminación La utilización de la iluminación solar puede significar un gran aporte a la reducción de costos asociados al sistema de iluminación. Para aprovechar

este recurso, se recomienda tanto en las etapas de diseño y como en aquellas que buscan mejorar el rendimiento energético de una instalación la consideración de las siguientes medidas:

- Instalar tragaluces en los almacenes
- Instalar tragaluces en construcciones nuevas.
- Diseñar esquemas de luz natural en las nuevas construcciones.

Bajo este mismo punto, debe considerarse la mejor utilización del recurso que ya está disponible, es decir, el sistema de iluminación que ya se encuentra instalado. Con el fin de garantizar la calidad de la luz que este sistema entrega, debe realizarse un correcto plan de mantenimiento (limpieza, reemplazo de lámparas)

Utilización de diseños eficientes

El diseño eficiente de los puntos de luz permitirá una mejor distribución de la luz tanto al interior, como al exterior de una instalación. Esto no considera sólo el emplazamiento de las luminarias, sino que debe incluirse a este diseño la utilización de tecnologías eficientes, permitirán la optimización completa del sistema de iluminación.

Sección 3

Opciones de mejora de eficiencia energética en procesos térmicos.

2.11.11 Eficiencia en energía térmica

Los procesos térmicos son aquellos diseñados para satisfacer requerimientos de calor o frío de una planta, involucrando para esto la transferencia de calor desde un medio a otro.

La eficiencia energética en un sistema térmico depende principalmente de la capacidad de entregar calor desde un medio a otro, capacidad que se debe maximizar en ciertos puntos y minimizar en otros. En los casos en que los requerimientos de calor son satisfechos a partir de la combustión, la eficiencia dependerá también de la eficiencia en el proceso de combustión.

Refrigeración

El sistema de refrigeración más común utilizado en la industria corresponde a los sistemas de refrigeración por compresión. En este caso el gas refrigerante se evapora dentro del evaporador absorbiendo calor de su entorno, luego pasa como gas a un compresor accionado eléctricamente

en donde aumenta su presión y temperatura, luego se condensa en un condensador liberando calor a su entorno, finalmente el líquido pasa por una válvula de expansión donde disminuye su presión y temperatura para reiniciar el ciclo.

Flujos de energía en refrigeración

En un sistema de refrigeración ideal los flujos de energía debiesen ser tales que exista dos entradas de energía: la energía eléctrica entregada al compresor, y el calor entregado por el medio que se desea enfriar; y exista una salida de energía correspondiente al calor entregado en el condensador, siendo la suma de estos flujos igual a cero. Sin embargo, existen ganancias y pérdidas de calor, además de pérdidas asociadas a los equipos eléctricos.

Sección 4

Gestión energética e implementación de proyectos.

2.11.12 Opciones de financiamiento para proyectos de eficiencia energética

La financiación para el proyecto este menudo fuera del control del director del proyecto. Sin embargo, es importante entender los principios detrás de la provisión de fondos escasos.

Al considerar un nuevo proyecto, debe tenerse en cuenta que otros departamentos de la empresa estarán compitiendo por el capital para sus proyectos. Sin embargo, también es importante dar cuenta que la eficiencia energética es una consideración importante en todo tipo de proyectos, como proyectos destinados a mejorar la eficiencia energética y proyectos en los que la eficiencia energética no es el objetivo principal, pero aún juega un papel vital.

Las fuentes internas de financiamiento son:

- Provisión de efectivo directo de las reservas de la compañía
- Desde los ingresos presupuestados (en caso de amortización es de menos de un año)
- Nuevo capital social

Las fuentes externas de fondos incluyen:

- Los préstamos del Banco
- Arrendamiento de acuerdo
- El pago por el ahorro, es decir un acuerdo arreglado con proveedor de equipos

- Contratos de energía con compañías que prestan servicios
- Iniciativa de Financiamiento Privada
- Otra opción financiera que puede ser utilizada para financiar equipos energéticamente eficientes es el leasing, opción que a veces es preferida debido a las ventajas tributarias que conlleva. (Agencia Chilena de Eficiencia Energetica, 2015)
-

2.11.13 Evaluación y seguimiento de un proyecto de EE

La implementación de un proyecto corre grandes riesgos si no se asegura que haya un proceso de evaluación y seguimiento del proyecto, a través del cual puedan verificarse los ahorros reales logrados y controlar los elementos críticos que pueden ser causa de la falla de un proyecto. Pese a su importancia es un área que muchas veces se deja de lado, principalmente por razones de tiempo, financiamiento y por la complejidad que puede significar la realización de proyecciones al inicio del proyecto y los riesgos de compararlos con datos reales.

Algunas consideraciones importantes a tomar al momento de medir y verificar un proyecto

- Reunir los fondos para realizar monitoreo considerando los sistemas de comunicación necesarios. El detalle de esta información debe ser incluida claramente en la presentación del proyecto, ya que demostrará el grado de rigurosidad con que se quiere abordar el proyecto.
- Revisar el perfil de consumo obtenido en base a las predicciones realizadas a inicios del proyecto.
Asegurar de que las principales partes interesadas conozcan del éxito del proyecto.
- Incluir estadísticas importantes, ahorros en energía y disminución de costos, así como cualquier otro beneficio para la institución. Dar crédito a aquellos que ayudaron a la implementación del proyecto.
- Ser diligente en la evaluación del proyecto, y nunca promover algo de lo que no se esté seguro.
- Nunca realizar exageraciones en cuanto a lo que no puede hacerse.
- Dejar margen para poder entregar más de lo prometido (valor agregado) Después de terminar el proyecto, documentar el logro en un breve reporte o caso de estudio, el cual debe ser distribuido posteriormente entre los interesados e inversionistas. De ser posible,

considerar la inclusión del personal del área comunicaciones y/o relaciones públicas para ayudar con la tarea.

- Presentar y/o publicar la experiencia a gerentes, encargados de sección y trabajadores en general. Enviar la información a inversionistas externos utilizando los informes propios de la empresa. Debe asegurarse que se conozca lo logrado.
- Mantener registro de lo realizado (Agencia Chilena de Eficiencia Energetica, 2015)

Una vez que el proyecto ha terminado, debe evaluarse su rendimiento en forma periódica utilizando como base los datos proyectados inicialmente y considerar los comentarios recibidos para el proyecto, esto ayuda a conocer que tan acertadas fueron las suposiciones en que se incurrieron al inicio del proyecto. Además, provee un registro real que sirve de apoyo para la toma de decisiones en el futuro, sugiere acciones correctivas que pueden utilizarse en el actual nivel de desempeño, ayuda a descubrir sesgos no asociados a temas técnicos y presenta un grado de cautela deseable entre los patrocinadores del proyecto.

2.11.14 Fases de un proyecto

Un proyecto considera típicamente las siguientes etapas:

Fase de Ingeniería Conceptual: A partir del perfil del proyecto y de los antecedentes energéticos, se evalúa la factibilidad técnica y económica para plantear las posibles alternativas o áreas de interés de EE. Las áreas de interés definidas son analizadas por el Equipo Directivo, el cual entrega su aprobación para que sean desarrolladas en la siguiente fase, asignando los recursos necesarios.

Fase de Ingeniería Básica: En esta etapa se realizan análisis más exactos de los costos del proyecto, se establecen las especificaciones técnicas de los equipos, se evalúa la rentabilidad del proyecto y se planifica el trabajo que será realizado en la fase de detalles y ejecución del proyecto. Las oportunidades de mejora en eficiencia energética se presentan al Equipo Directivo junto a los respaldos correspondientes, como las memorias de cálculo y las evaluaciones económicas. En esta instancia se decide cuáles de estas serán objeto de un diseño en detalle, cuáles requieren especificaciones técnicas para la adquisición de equipos y, en definitiva, cuáles serán implementadas. Todo ello requiere la asignación de los recursos necesarios.

Fase de Ingeniería de Detalle y Adquisiciones: En esta etapa se realizan diseños, documentos y planos de ingeniería que definen el proyecto en profundidad y son necesarios para su ejecución. Se compran los equipos y materiales, y se ejecuta el proyecto en sí.

Se desarrolla la ingeniería incorporando el diseño de las oportunidades de mejora en eficiencia energética aprobadas, así como la ingeniería de los fabricantes y/o proveedores. De este modo se obtiene un proyecto de ingeniería con un potencial de desempeño energético superior, lo cual se hará evidente en la etapa de operación, con una mayor eficiencia energética y una mayor rentabilidad en el ciclo de vida.

Con esta fase se concluye el diseño y comienza la construcción y el comisionamiento del proyecto. Posteriormente, vendrá la puesta en marcha y la operación. (Agencia Chilena de Eficiencia Energética, 2015)

2.12 NORMA TÉCNICA SALVADOREÑA NTS 27.47.01:23

2.12.1 Eficiencia Energética. Especialista en eficiencia energética. Requisitos de competencia

El objetivo de esta norma técnica es establecer requisitos de competencia que debe cumplir un especialista en eficiencia energética, para apoyar la gestión y la mejora del desempeño energético de una organización.

Requisitos de formación

- **Grado académico:** Título profesional o técnico en ramas de la ingeniería, arquitectura o afines con especialización en eficiencia energética
- **Formación específica:**
 - a) reglamentos técnicos en eficiencia energética (en su versión vigente)
 - b) NTS ISO 50001, NTS ISO 50002, NTS ISO 50006, NTS ISO 50015
 - c) referencias técnicas nacionales e internacionales (reglamentos, normas, códigos) por sistema, proceso y equipo relativas a eficiencia energética
 - d) cálculo de impacto ambiental derivados de los consumos energéticos

e) estudios en el ámbito de la eficiencia energética de no menos de 100 horas de duración que incluya los siguientes temas: formulación, cálculo, evaluación, implementación, supervisión y seguimiento de proyectos de eficiencia energética.

2.12.2 Requisitos de experiencia

Experiencia general

- a) participación en proyectos de la gestión de la energía ya sea en el área técnica o administrativa, como mínimo de 1 año
- b) currículum vitae, incluyendo diplomas y certificados de cursos de capacitación sobre la función a desarrollar.

Experiencia específica

Participación en 3 proyectos de eficiencia energética con alguno de los siguientes roles: formulador, implementador, gestor, auditor o similares en calidad de líder o de personal de apoyo con mínimo de 1 año de continuidad en el ámbito de eficiencia energética, indicando claramente las labores desempeñadas y las responsabilidades asignadas, las cuales deben ser comprobadas.

2.12.3 Requisitos de habilidades

Habilidades Generales: Orden, Cooperación, Responsabilidad, Iniciativa

Habilidades Específicas: Gestión de proyectos, Elaborar informes, manejo de herramientas de seguimiento y medición del desempeño energético, manejo de herramientas para el cálculo del ahorro de consumo de energía.

2.12.4 Actividades de eficiencia energética que demuestran competencia

El Especialista en Eficiencia Energética debe cumplir con los siguientes requisitos para demostrar competencia.

Diagnóstico de eficiencia energética

Elementos de entrada para el diagnóstico:

- La facturación energética disponible por la organización
- Datos de la unidad de producción/servicios, definidos por la organización
- El inventario de equipos con sus características técnicas y niveles de consumo energético
- Los catálogos técnicos de equipos por sistemas energéticos existentes en la organización, o en su defecto datos de placa de cada equipo
- Las representaciones gráficas de sistemas energéticos con los que cuenta la organización.

Estructura del diagnóstico

El informe inicial de la situación/desempeño energético de la organización debe contener:

- a) el análisis del histórico de consumos energéticos con base en la información disponible de la organización
- b) la(s) línea(s) base de los indicadores de eficiencia energética/otros indicadores que la organización defina
- c) la demanda y el consumo total de energía por sistemas o equipos de la organización de acuerdo a la facturación energética
- d) el listado de equipos consumidores de energía y sus consumos de acuerdo a sus capacidades energéticas
- e) la identificación de sistemas energéticos de acuerdo al tipo de procesos de la organización
- f) la estimación de eficiencias y rendimientos de los sistemas y equipos energéticos de acuerdo a las características de diseño
- g) la evolución de los indicadores energéticos con respecto a la línea base
- h) la identificación de oportunidades de mejora, de acuerdo a consumos e indicadores energéticos analizados
- i) la evaluación de alternativas de solución de acuerdo a problemas detectados, línea base y factibilidad técnicas y económica

- j) propuestas para definir o fortalecer la política energética establecida por la organización
- k) plan de mejora del desempeño energético de acuerdo a soluciones seleccionadas y objetivos estratégicos establecidos

2.12.5 Planes de mejora del desempeño energético

Elementos del plan de mejora

El plan de mejora del desempeño energético debe:

- a) indicar el grupo de personas responsables establecido por la organización para el seguimiento y evaluación;
- b) describir los objetivos, alcances y metas de eficiencia energética definidos por la organización;
- c) describir las actividades del plan de acuerdo a los objetivos, alcances y metas definidos por la organización;
- d) describir los recursos requeridos para su implementación;
- e) establecer el cronograma de cumplimiento de actividades del plan de mejora, alineado a los objetivos y metas definidos por la organización;
- f) estar alineado con la política energética existente o propuesta en la organización;
- g) establecer las acciones de control y seguimiento para su implementación.

Mecanismos de difusión

El programa de promoción y difusión del plan del desempeño energético, debe:

- a) determinar las necesidades de difusión de información sobre el uso de la energía con base a los objetivos y metas del plan de eficiencia energética;
- b) determinar el grupo objetivo del programa de promoción y difusión;
- c) definir el tipo de información requerido para el diseño/actualización de materiales de promoción y difusión con base en los resultados obtenidos del plan de eficiencia energética;

- d) establecer el cronograma de cumplimiento de actividades del programa de promoción y difusión, alineado a los objetivos y metas definidos;
- e) establecer propuesta de acciones para la evaluación y retroalimentación del programa de difusión.

2.12.6 Participación y resultados

Establecer un programa de reconocimiento de participación y resultados en eficiencia energética, que contenga:

- a) esquemas de reconocimientos e incentivos para la organización;
- b) descripción de los recursos requeridos para su instrumentación;
- c) mecanismos de evaluación y mejora continua establecidos por la organización.

Desarrollo de competencias

El programa de desarrollo de competencias en eficiencia energética, debe:

- a) contener las necesidades de capacitación, desarrollo y fortalecimiento de capacidades en el ámbito de eficiencia energética;
- b) establecer los apoyos internos y externos para el desarrollo y fortalecimiento de competencias;
- c) establecer el cronograma de cumplimiento de actividades del programa de desarrollo de competencias, alineado a los objetivos y metas definidos por la organización.

2.12.7 Implementación de planes de mejora del desempeño energético

Personal responsable de seguimiento y evaluación

Se debe reunir al grupo de personas responsables del seguimiento y evaluación del plan de mejora del desempeño energético en la organización y se debe:

- a) definir con los encargados de la organización, la asignación de actividades y el personal responsable de su ejecución;
- b) determinar a la persona que desempeñará como representante del grupo;
- c) realizar el cronograma de trabajo de las personas responsables del seguimiento y evaluación del plan de mejora del desempeño energético, con base en los objetivos y metas establecidas por la organización;
- d) definir los mecanismos de control y seguimiento de las acciones con base en los objetivos y metas establecidas por la organización;
- e) definir el o los mecanismos de monitoreo de parámetros energéticos de acuerdo al plan de soluciones

Presentación del plan de mejora

El plan de mejora de desempeño energético para su aprobación debe:

- a) ser presentado a la persona facultada para la toma de decisiones en la organización;
- b) explicar el desempeño energético actual de la organización con base a los diferentes energéticos utilizados;
- c) explicar los aspectos relevantes y la viabilidad de las acciones, beneficios y requerimientos del plan de mejora de eficiencia energética con base a la situación/desempeño energético de la organización;
- d) explicar cómo se ejecuta el plan de implementación de acuerdo a carta Gantt y contratos establecidos.

2.12.8 Documento de verificación de reglamentos y/o normas

El documento de verificación de la aplicación de los reglamentos y/o normas vigentes en la organización, debe contener

- a) datos de identificación de la organización
- b) datos de fecha, lugar y responsable de la elaboración del documento

- c) listado de los reglamentos y/o normas vigentes aplicables en materia de eficiencia energética en la organización
- d) una matriz que registre el nivel de cumplimiento de los reglamentos y/o normas vigentes con relación al inmueble – sistema – equipo – persona que impactan en el plan de eficiencia energética de la organización con base a la documentación de seguimiento de la implementación del plan
- e) establecimiento de las medidas de mejora continua (Normalización) propuestas para el cumplimiento de los reglamentos y/o normas vigentes en la organización
- f) la firma de visto bueno del representante del grupo de personas responsables del seguimiento y evaluación del plan de eficiencia energética.

2.12.9 Documento de verificación de la política de desempeño energético

El documento de verificación de la aplicación de la política del desempeño energético en la organización, debe contener:

- a) datos de identificación de la organización
- b) datos de fecha, lugar y responsable de elaboración del documento
- c) la política de eficiencia energética de la organización
- d) un listado de verificación que registre el nivel de cumplimiento de la política de eficiencia energética de la organización
- e) el establecimiento de las medidas de mejora continua propuestas para el cumplimiento de la política de eficiencia energética en la organización
- f) la firma de Visto Bueno del representante del grupo de las personas responsables del seguimiento y evaluación del plan de eficiencia energética.

2.12.10 Propuesta de fortalecimiento del plan de mejora

La propuesta de actividades y sus requerimientos para fortalecer el plan de mejora del desempeño energético en desarrollo, debe contener:

- a) descripción del grado de cumplimiento de las metas energéticas con base a los indicadores y política energética establecidos en el plan de eficiencia energética
- b) establecimiento de las áreas críticas de aplicación de las acciones de mejora continua por eficiencia en el consumo, por seguridad en la operación, por sistema/proceso
- c) los sistemas/equipos de aplicación de las acciones de mejora continua
- d) el listado de acciones predictivas, preventivas/correctivas para el cumplimiento de las metas en un contexto de mejora continua
- e) estimación de los recursos humanos, económicos, financieros, materiales y técnicos necesarios para la implementación de los proyectos
- f) el listado de proveedores de bienes y servicios para la implementación de los proyectos
- g) descripción de las acciones específicas para mejorar los programas de difusión, desarrollo de competencias y reconocimiento de la organización.

Comunicación del plan de mejora

La comunicación para los responsables de la implementación del plan de mejora y programas de desempeño energético, debe:

- a) describir las responsabilidades asignadas a las áreas con base en lo establecido en el plan y el programa
- b) establecer las fechas de cumplimiento de las actividades del plan de acción
- c) solicitar el avance de cumplimiento de los acuerdos/compromisos para la implementación del plan de acción de eficiencia energética
- d) contar con los mecanismos de seguimiento y evaluación con base en los lineamientos establecidos por la organización.

Seguimiento de acuerdos

El documento de seguimiento de acuerdos de la implementación del plan de mejora del desempeño energético de la organización debe contener:

- a) la lista de los asistentes a las reuniones realizadas
- b) el avance de los acuerdos/compromisos de trabajo establecidos en las reuniones realizadas
- c) descripción de las acciones a realizar conforme a los acuerdos y compromisos de las reuniones realizadas. (Normalización)

2.12.11 Evaluación de seguimiento del plan de mejora del desempeño energético

Informe ejecutivo de resultados

El informe ejecutivo de resultados obtenidos de la gestión del desempeño energético en la organización, debe:

- a) describir el antecedente de la organización en términos energéticos y productivos
- b) describir los beneficios energéticos, económicos y ambientales alcanzados con la implementación del plan de mejora del desempeño energético
- c) explicar los ajustes realizados en la implementación del plan de mejora del desempeño energético de acuerdo con los objetivos y metas establecidos
- d) Proponer acciones de mejora con sus costos y beneficios derivadas a partir de la implementación del plan de mejora del desempeño energético.

Reporte de consumo y costos de energía

El reporte de la evolución de consumos y costos de energía/impacto ambiental de eficiencia energética debe contener:

- a) índices de eficiencia energética aplicables a la organización de acuerdo al informe de la situación inicial;

- b) gráficas comparativas de consumo energético respecto del desempeño energético inicial de la organización;
- c) distribución del consumo por sistema energético de la organización;
- d) escenarios de comportamiento/índice energético de la organización;
- e) causas de la evolución o desvíos de consumo de energía/impacto ambiental;
- f) variables cuantitativas y cualitativas de eficiencia energética de la organización respecto de la situación inicial.

Reporte de inversiones

El reporte elaborado de los resultados de las inversiones realizadas en materia de eficiencia energética debe contener:

- a) la cuantificación de las inversiones en materia de eficiencia energética;
- b) el análisis técnico/financiero de las medidas de eficiencia energética a implementar;
- c) la cuantificación de los ahorros de energía generados por las inversiones realizadas en materia de eficiencia energética;
- d) la cuantificación de los beneficios indirectos cuantitativos/cualitativos de las inversiones realizadas en materia de eficiencia energética;
- e) la desviación/avance de cumplimiento de los resultados de inversión.

Monitoreo de acciones de mejora

El reporte del monitoreo de las acciones de mejora debe contener:

- a) un listado priorizado de las acciones de mejora definidas en el plan de mejora;
- b) descripción de los avances y resultados logrados respecto a las metas, objetivos y alcances del plan de mejora;

c) establecimiento de las acciones preventivas/correctivas/de mejora continua.

Monitoreo de tecnologías eficientes

El reporte del monitoreo de las tecnologías eficientes aplicables a la organización debe contener:

- a) un listado de las tecnologías aplicadas en la organización;
- b) descripción de las tecnologías;
- c) identificación de las instancias de evaluación de las tecnologías aplicables en la organización.
(Normalización))

2.13 ISO/IEC 17024. EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD. REQUISITOS GENERALES PARA LOS ORGANISMOS QUE REALIZAN CERTIFICACIÓN DE PERSONAS.

Esta Norma Internacional establece requisitos para un organismo que certifica personas frente a requisitos específicos, incluido el desarrollo y mantenimiento de un esquema de certificación para el personal.

Requisitos para organismos de certificación

Las políticas y los procedimientos del organismo de certificación y su administración deben estar relacionados con los criterios establecidos para la certificación pretendida, deben ser imparciales y equitativos para todos los candidatos, y deben cumplir con todas las disposiciones y los requisitos legales y reglamentos aplicables. El organismo de certificación no debe utilizar procedimientos para impedir o inhibir el acceso a aspirantes y candidatos, excepto como se indica en esta Norma Internacional.

El organismo de certificación debe limitar sus requisitos, evaluación y decisión sobre la certificación a aquellos temas específicamente relacionados con el alcance de la certificación deseada.

Estructura de la organización

El organismo de certificación debe estar organizado de modo que ofrezca confianza en su competencia, imparcialidad e integridad a las partes interesadas. En particular, el organismo de certificación:

- a) Debe ser independiente e imparcial en relación con sus aspirantes, candidatos y personas certificadas, incluidos sus empleadores y clientes, y debe tomar todas las medidas posibles para asegurar la ética de sus operaciones.
- b) Debe ser responsable de sus decisiones relativas a otorgar, mantener, renovar, ampliar y reducir el alcance, y suspender o retirar la certificación.
- c) Debe identificar la dirección grupo(s) o persona(s) que debe tener la responsabilidad total para: La evaluación, certificación y vigilancia como se define en esta Norma Internacional, las normas de competencia aplicables y otros documentos pertinentes.
- d) Debe tener documentos que lo establezcan como una entidad legal o parte de una entidad legal

2.13.2 Desarrollo y mantenimiento de un esquema de certificación

El organismo de certificación debe definir los métodos y mecanismos a utilizar para evaluar la competencia de los candidatos, y debe establecer políticas y procedimientos apropiados para el desarrollo inicial y mantenimiento continuo de estos métodos y mecanismos.

Cuando sea aplicable, el organismo de certificación debe notificar debidamente a los representantes del comité del esquema todo cambio en sus requisitos para la certificación. El organismo de certificación debe tomar en cuenta los puntos de vista expresados por el comité del esquema antes de decidir sobre la forma precisa y la fecha de entrada en vigor de los cambios. Después de la decisión y publicación de los requisitos modificados, el organismo de certificación debe, cuando corresponda, informar a las partes interesadas y personas certificadas en forma apropiada. El organismo de certificación debe verificar que cada persona certificada cumpla con los requisitos modificados dentro del plazo que el organismo de certificación, en consulta con el comité del esquema, considere razonable. (17024, 2012)

Sistema de Gestión

El organismo de certificación debe operar un sistema de gestión que esté documentado y cubra todos los requisitos de esta Norma Internacional, y que se asegure de la aplicación eficaz de estos requisitos.

El organismo de certificación debe disponer de sistemas para el control de documentos, las auditorías internas y la revisión por la dirección, que incluyan las disposiciones para la mejora continua y las acciones correctivas y preventivas

Subcontratación

Cuando un organismo de certificación decida subcontratar algún trabajo relacionado con la certificación (por ejemplo, el examen) a un organismo o persona externa, se debe establecer un convenio adecuadamente documentado que cubra los acuerdos, que incluya la confidencialidad y evite conflictos de intereses. No se debe subcontratar la decisión sobre la certificación.

El organismo de certificación:

- a- Debe asumir la total responsabilidad por el trabajo subcontratado y mantener su responsabilidad en otorgar, mantener, renovar, ampliar y reducir el alcance, y suspender o retirar la certificación
- b- Debe asegurarse de que el subcontratista sea competente y cumpla con las disposiciones aplicables de esta Norma Internacional y no esté involucrado, ya sea directamente o a través de su empleador, con la formación o el mantenimiento de la certificación de personas, de forma tal que pudiera comprometer la confidencialidad e imparcialidad. (17024, 2012)
- c) Debe mantener una lista de subcontratistas, y evaluar y realizar el seguimiento de su desempeño de acuerdo con los procedimientos documentados

Registro

El organismo de certificación debe mantener un sistema de registro apropiado a sus circunstancias particulares y para cumplir con la reglamentación, que incluya un medio para

confirmar el estado de una persona certificada. Los registros deben demostrar que el proceso de certificación se ha cumplido eficazmente, particularmente con respecto a los formularios de solicitud, informes de evaluación, actividades de vigilancia y otros documentos relativos a otorgar, mantener, renovar, ampliar y reducir el alcance, y suspender o retirar la certificación.

Confidencialidad

El organismo de certificación debe, por medio de compromisos legalmente obligatorios, mantener confidencial toda la información obtenida en el proceso de sus actividades. Estos compromisos deben abarcar a todas las personas que trabajan en el organismo, incluidos los miembros del comité, y los organismos o individuos externos que actúan en su nombre. No se debe dar a conocer dicha información a una parte no autorizada sin el consentimiento escrito de la organización o individuo de quien se obtuvo la información, salvo cuando la ley requiera que dicha información se dé a conocer. Cuando el organismo de certificación esté obligado por ley a dar a conocer dicha información, la organización o individuo a quien le concierne debe ser informada de antemano sobre qué información se va a proporcionar. (17024, 2012)

Seguridad

Todos los exámenes y los elementos relacionados deben ser mantenidos en un entorno seguro por el organismo de certificación, o sus subcontratistas, para proteger la confidencialidad de estos elementos a lo largo de su vida útil.

2.13.3 Requisitos para el personal del organismo de certificación

El organismo de certificación debe establecer y mantener documentación actualizada sobre las calificaciones pertinentes de cada persona. La información debe estar accesible para las personas involucradas, empleadas o contratadas, y debe incluir lo siguiente:

- a) Nombre y dirección
- b) Organización en la que trabaja y cargo que ocupa
- c) Nivel educativo y profesional
- d) Experiencia y formación en el campo pertinente

- e) Sus responsabilidades y obligaciones específicas dentro del organismo de certificación
- f) Valoración del desempeño
- g) Fecha de la última actualización de los registros.

Requisitos de los examinadores

Los examinadores deben cumplir los requisitos del organismo de certificación basados en las normas de competencia aplicables y otros documentos pertinentes

El proceso de selección debe asegurar que los examinadores asignados a un examen o parte de un examen, como mínimo:

- Están familiarizados con el esquema de certificación pertinente
- Tienen un conocimiento profundo de los métodos pertinentes para examinar y los documentos de examen
- Tienen la competencia apropiada en el campo que se va a examinar
- Son capaces de comunicarse fluidamente tanto de forma escrita como oral en el idioma del examen.
- Están libres de cualquier interés, de modo que puedan hacer juicios (evaluaciones) imparciales y no discriminatorios.

Proceso de solicitud

El organismo de certificación debe proporcionar cuando le sea solicitada una descripción vigente y detallada del proceso de certificación correspondiente a cada esquema de certificación (incluidas las tarifas), y los documentos que contengan los requisitos para la certificación, los derechos de los aspirantes y los deberes de una persona certificada, incluido el código de conducta, cuando corresponda. (17024, 2012)

El organismo de certificación debe requerir que el aspirante a la certificación complete y firme una solicitud que incluya:

- a) El alcance de la certificación deseada

- b) Una declaración de que la persona acepta cumplir con los requisitos para la certificación y proporcionar cualquier información necesaria para la evaluación
- c) Detalles de las calificaciones pertinentes, confirmadas y respaldadas por evidencias
- d) Información general del aspirante, por ejemplo: nombre, dirección y demás información requerida para identificar a la persona.

2.13.4 Evaluación

El organismo de certificación debe revisar la solicitud para confirmar que:

- a) El organismo de certificación tiene la capacidad requerida para proveer la certificación solicitada
- b) El organismo de certificación es consciente y puede, dentro de lo razonable, satisfacer cualquier necesidad especial de los aspirantes, tales como el idioma o las discapacidades
- c) El aspirante tiene la educación, la experiencia y la formación requeridas especificadas por el esquema

El organismo de certificación debe adoptar procedimientos para informar, que aseguren que el desempeño y los resultados de la evaluación se documenten de manera apropiada y comprensible, incluyendo el desempeño y los resultados de los exámenes. (17024, 2012)

Decisión sobre la certificación

La decisión sobre la certificación de un candidato debe ser tomada únicamente por el organismo de certificación basándose en la información reunida durante el proceso de certificación. Quienes toman la decisión de certificación no deben haber participado en el examen ni en la formación del candidato

El organismo de certificación debe proporcionar un certificado a todas las personas certificadas. El organismo de certificación debe mantenerse como único propietario de los certificados.

El certificado puede tener la forma de una carta, tarjeta u otro medio, firmado y autorizado por un responsable del organismo de certificación.

Estos certificados deben contener, como mínimo, la siguiente información:

- a) El nombre de la persona certificada y un código de certificación único
- b) El nombre del organismo de certificación
- c) Una referencia a la norma de competencia u otros documentos pertinentes, incluida su edición, en la cual se basa la certificación
- d) El alcance de la certificación, incluidas las condiciones de vigencia y las limitaciones
- e) La fecha de entrada en vigor de la certificación y la fecha de vencimiento

Vigilancia

El organismo de certificación debe definir un proceso de vigilancia pro-activa para realizar el seguimiento del cumplimiento de las personas certificadas con las disposiciones pertinentes del esquema de certificación.

El organismo de certificación debe tener procedimientos y condiciones para el mantenimiento de la certificación de acuerdo con el esquema de certificación. Estas condiciones, incluida la frecuencia y el contenido de las actividades de vigilancia, deben estar respaldadas por el comité del esquema.

Renovación de la Certificación

El organismo de certificación debe definir los requisitos para la renovación de la certificación de acuerdo con la norma de competencia y otros documentos pertinentes, para asegurarse de que la persona certificada continúa cumpliendo con los requisitos vigentes de la certificación.

El organismo de certificación debe tener procedimientos y condiciones para el mantenimiento de la certificación de acuerdo con el esquema de certificación. Estas condiciones, incluidas la frecuencia y el contenido de las actividades de renovación de la certificación, deben ser respaldadas por el comité del esquema. Las condiciones deben ser adecuadas para asegurarse de que hay una evaluación imparcial para confirmar la continua competencia de la persona certificada (17024, 2012)

2.14 Antecedentes de la Eficiencia Energética

La eficiencia energética se refiere a la comparación cuantitativa entre términos de desempeños de servicios o bienes de energía y la entrada de energía. (Carretero Peña & García Sánchez, 2012)

La Eficiencia Energética tiene la razón de reducir el consumo manteniendo el confort de los servicios energéticos ya utilizados protegiendo de la contaminación y calidad de vida

La Eficiencia Energética no significa obtener lo más nuevo o actualizado de la tecnología, sino crear un ambiente administrativo de los recursos energéticos por medio de un sistema de gestión energético. (17024, 2012)

2.14.1 Ventajas de la Eficiencia Energética

- Ahorro de energías y costes, al utilizar menos recursos energéticos para llevar a cabo una actividad se ahorra energía.
- Mejoras para el medio ambiente, la eficiencia energética rebaja las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Mejoras en el abastecimiento, permite optimizar el uso de recursos naturales y crear economía de proximidad, fomentando el consumo responsable.

2.14.2 Ámbitos de aplicación de la Eficiencia Energética

- Eficiencia en el sector energético, las grandes energéticas mejoran su eficiencia introduciendo tecnologías avanzadas e incorporando en paralelo las energías renovables.
- Eficiencia energética en la Industria, optimizan sus procesos y reducen su consumo de energía final utilizando las mejores técnicas disponibles e invirtiendo en innovación.
- Eficiencia energética en la gestión empresarial, las empresas establecen sistemas de gestión de la energía con ciclos de mejora continua que permiten optimizar recursos y reducir emisiones de gases de efecto invernadero.
- Eficiencia energética en el hogar (Manual de Eficiencia Energetica Fenosa, 2008)

2.15 Eficiencia Energética en El Salvador

El Consejo Nacional de Energía desarrolla un programa de Eficiencia Energética en El Salvador, contempla cuatro áreas de acción:



Ilustración 10 Áreas de acción del programa de Eficiencia Energética en El Salvador PEES

Las líneas estratégicas de la Política Energética de El Salvador establecen lo siguiente:

- Garantizar un abastecimiento de energía oportuno, continuo, de calidad y a precios razonables.
- Fortalecer el marco institucional para recuperar el papel del estado en el sector energético.
- Reducir la independencia energética del petróleo y sus productos derivados, fomentando las fuentes de energía renovables, el uso racional de energía y la innovación tecnológica.
- Minimizar los impactos ambientales y sociales de los proyectos energéticos, así como aquellos que propician el cambio climático. (Ardon, 2014)

2.16 Antecedentes del Sector Energético en El Salvador

A principios de los años 1990, el servicio de telefonía en El Salvador fue prestado por el gobierno de ese entonces, con el transcurso de los años fue privatizándose como parte de los

programas de ajuste estructural y estabilidad económica aplicada en los países latinoamericanos de esa época.

En el año 1996, la asamblea legislativa aprobó la creación de la Superintendencia General de la Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET), por medio de una ley, lo que también formo la primera ley de telecomunicaciones (Decreto Legislativo No. 807, Diario Oficial No.189, Tomo 333 9/10/1996); y fue derogada y sustituida el año 1997 por la actual ley de Telecomunicaciones (Decreto Legislativo No. 142, Diario Oficial No.218, Tomo 337 21/11/1997).

La SIGET de hoy o de nuestro tiempo tiene facultades específicas las cuales son:

- Aplicar los tratados, leyes y reglamentos requeridos en el sector de electricidad y telecomunicaciones.
- Aprobar las tarifas que se refieren a las leyes de electricidad y telecomunicaciones.
- Informar a la autoridad respectiva de la existencia de prácticas que atentan contra la libre competencia.
- Representar al país ante organizaciones internacionales relacionadas a el sector eléctrico y de telecomunicaciones.
- Realizar todos los actos, contratos y operaciones que sean necesarios para cumplir los objetivos que le impongan las leyes, reglamentos y demás disposiciones de carácter general.

El Salvador es el país más pequeño y más densamente poblado de la región de Centro América. Se encuentra delimitado al Sur por el Océano Pacífico, su área cubre 21,040 Km² y su población alcanza los 5,744,113 habitantes. (Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), 2007).

El sector eléctrico del país está compuesto por distintos agentes los cuales conjuntamente integran el mercado mayorista de energía. Estos agentes pueden ser de características públicas o privadas y que tienen funciones específicas en un mercado con reglas bien definidas.

Entre los agentes antes mencionados podemos resaltar:

- **Empresas generadoras** Las cuales poseen las centrales de producción de energía eléctrica y la comercialización en forma total o parcial.

- **Agente transmisor** Es la entidad poseedora de instalaciones destinadas al transporte de energía eléctrica en redes de alto voltaje.
- **Empresas distribuidoras** Son las poseedoras y operadoras de las instalaciones de distribución. Su finalidad es transformar la energía de un nivel de voltaje mayor a uno adecuado para los usuarios finales en sus redes de suministros.
- **Comercializador de energía eléctrica** Estos agentes hacen transacciones de compra venta de energía a nivel regional para satisfacer demandas de algunos otros agentes, como los usuarios finales.

Finalmente, para que exista una coordinación entre los agentes se requiere la participación de un operador de mercado, que ejecuta las acciones necesarias y realiza las conciliaciones económicas que resultan de las transacciones entre agentes.

Estructura del mercado eléctrico nacional:



Consejo Nacional de Energía (CNE)

Es la autoridad superior, rectora y normativa en materia de política energética.



SIGET

Es una institución autónoma de servicio público, con competencias para la aplicación de leyes y reglamentos que rigen el sector eléctrico, y atribuciones para aplicar las normas contenidas en tratados internacionales sobre electricidad y telecomunicaciones



La UT

Es una sociedad anónima creada en la Ley General de Electricidad (LGE) que tiene por objeto la operación del sistema de transmisión y la operación del mercado mayorista de energía eléctrica.

Ilustración 11 Estructura del mercado eléctrico nacional

Generadores

A finales 2015, los generadores participantes en el mercado mayorista son los siguientes:

- Hidráulica
- Térmica
- Biomasa
- Geotérmica

Transmisión

El propietario y responsable del mantenimiento y expansión del sistema de transmisión es la Empresa Transmisora de El Salvador (ETESAL). Toda la red de transmisión salvadoreña incluyendo las interconexiones con Guatemala y Honduras son propiedad de ETESAL.

El Sistema de Transmisión cuenta 40 líneas de transmisión a 115 kV, con una longitud total de 1,072.48 kms, y cuatro líneas a 230 kV dos de ellas para interconectarse con Guatemala y Honduras, y dos líneas de refuerzos internos, con una longitud total de 284 kms, y 4 tramos de la línea Sistema de Interconexión Eléctrica para los Países de América Central (SIEPAC).



Ilustración 12 Sistema de Transmisión de El Salvador [ETESAL]

Distribuidores

Los distribuidores son las entidades poseedoras y operadoras de instalaciones, cuya finalidad es la entrega de energía eléctrica en redes de alto voltaje.

Debido a sus características, las empresas de distribución operan en condiciones reguladas se tarifas y calidad de entrega del suministro; no obstante, lo anterior, y con base en los principios de la regulación existente en El Salvador, la competencia en la distribución está permitida. Entre sus funciones:

- Comercializar y distribuir la energía eléctrica a través de sus redes hacia centros de consumo y usuarios finales,
- Mantener y expandir sus redes de distribución permitiendo el acceso a nuevos usuarios y a generación distribuida. (Consejo Nacional de Energía, 2016).



Ilustración 13 Distribuidoras de energía en El Salvador

2.17 Antecedentes de la Energía Eléctrica en El Salvador

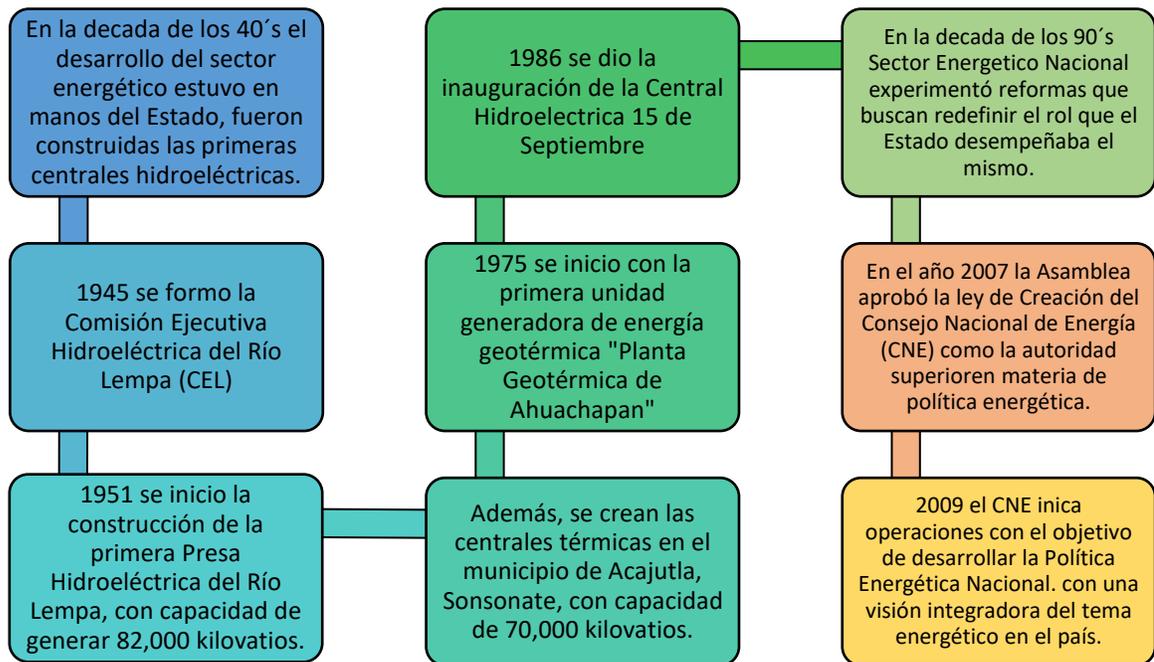


Ilustración 14 Antecedentes de la Energía Eléctrica en El Salvador fuente: Consejo Nacional de la Energía

2.18 Antecedentes De La Universidad De El Salvador UES

La Universidad de El Salvador (UES) es la única universidad pública de El Salvador y la más grande del país y la primera en ser fundada.

Su campus central, está ubicada en la zona de San Salvador, además la universidad cuenta con tres sedes multidisciplinarias en las ciudades de Santa Ana, San Miguel, San Vicente.

Historia

La Universidad de El Salvador fue fundada en 16 de febrero de 1841, por medio de un decreto emitido por la Asamblea Constituyente, que recién se había instalado, y suscrito por el diputado presidencial Juan José Guzmán y los diputados secretarios Leocadio Romero y Manuel Barberena. La orden de ejecución fue promulgada por Juan Nepomuceno Fernández Lindo y Zelaya, quien gobernó el país en su carácter de jefe provisorio de Estado del 7 de enero de 1841 al 1 de febrero de 1842.

La ejecución del decreto de fundación corrió a cargo del jefe de sección encargado del Ministerio de Relaciones y Gobernación, quien dispuso su impresión, publicación y circulación. La UES inició sus actividades hasta 1843 impartiendo matemáticas puras, lógica, moral, metafísica, y física general. En 1880, se subdividió en facultades, algunas de las cuales desaparecieron tiempo después, mientras que otras nuevas fueron creadas. El artículo 61 de la Constitución de la República de El Salvador de 1983 establece que la universidad de El Salvador “goza de autonomía en el aspecto docente, administrativo y económico”. (Universidad de El Salvador, 2019)

La UES ha desempeñado un papel fundamental en el proceso de desarrollo de la sociedad salvadoreña sobre los ámbitos educativo, social, económico y político. Algunos de los personajes más importantes de la historia de El Salvador se han formado en esta alma máter. Su símbolo es la deidad romana Minerva. (Universidad de El Salvador, 2019)

2.19 Antecedentes De La Universidad De El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental UES FMO.

El 17 de junio de 1966, en sesión N° 304. El Consejo Superior Universitario fundó el Centro Universitario de Oriente (CUO), en la Ciudad de San Miguel, como una extensión de los estudios universitarios de la Universidad Nacional de El Salvador hacia la zona oriental.

- Los objetivos principales que motivaron su creación fueron:
- Ampliar la capacidad de servicio docente de la unidad.
- Satisfacer las necesidades educativas y culturales de la zona oriental.
- Contribuir con el desarrollo y progreso.
- Crear los instrumentos técnicos y culturales a sectores de la población que no tienen acceso a la educación universitaria.

En abril de 1967, se adquirió un terreno de 108 manzanas en el cantón el Jute, al sur oriente de la Ciudad de San Miguel. Las actividades académicas se iniciaron el 17 de mayo de 1969.

En septiembre de 1984 el centro universitario de oriente se traslada hacia las nuevas instalaciones funcionando académicamente con los departamentos de ciencias agropecuarias, biología, química, física y matemática, derecho, humanidades y ciencias sociales, creándose además en este periodo de los ochenta del departamento de ciencias económicas y de medicina.

En 1988 el consejo superior universitario aprobó el reglamento de gobierno de los centros regionales en el cual se establece una nueva estructura académica administrativa que permitiría ampliar su capacidad de servicio; creándose los departamentos homólogos o las facultades, exceptuando el de odontología y permitiendo crecer de manera espontánea las diferentes carreras que hoy se tienen.

El 4 de junio de 1992, el consejo superior universitario acuerda crear las facultades multidisciplinarias, con todas las atribuciones y deberes del resto de facultades. (Universidad de El Salvador, 2023)

2.20 Antecedentes Del Edificio De La Unidad Bibliotecaria De La UES FMO.

El 24 de octubre de 1969, dan inicio las actividades de la Biblioteca en el Centro Universitario de Oriente, funcionando para ese entonces en un pequeño local ubicado en la ciudad de San Miguel.

Las primeras tareas a las cuales se dedicó la Biblioteca fueron la adquisición de materiales bibliográficos y la organización de las colecciones.

Para el año de 1978, la biblioteca ofrecía los servicios de préstamo interno y externo, contaba con una pequeña sala de estudio, y con una colección bibliográfica de 9,100 materias.

En el año de 1985 debido al traslado del Centro Universitario de Oriente a su actual campus, la biblioteca se instala en su primer local una edificación que tenía una dimensión de 9 metros de ancho por 12 metros de largo, contando para esa fecha con una colección de 11,000 ejemplares bibliográficos.

La biblioteca de la FMO-UES, forma parte del Sistema Bibliotecario de la Universidad de El Salvador (SBUES), conjunto de bibliotecas de las diferentes facultades que constituyen la universidad de El Salvador.



Ilustración 15 Unidad Bibliotecaria UES FMO

La Biblioteca de la Facultad es la responsable de apoyar el desarrollo curricular de la Facultad Multidisciplinaria Oriental mediante la selección, adquisición y catalogación, de los diferentes materiales organizados para las disciplinas albergadas por la FMO-UES. (Universidad de El Salvador, 2023)

La biblioteca funciona actualmente en una edificación de 2 niveles de 4,090 mts², en ella se encuentran ubicadas:

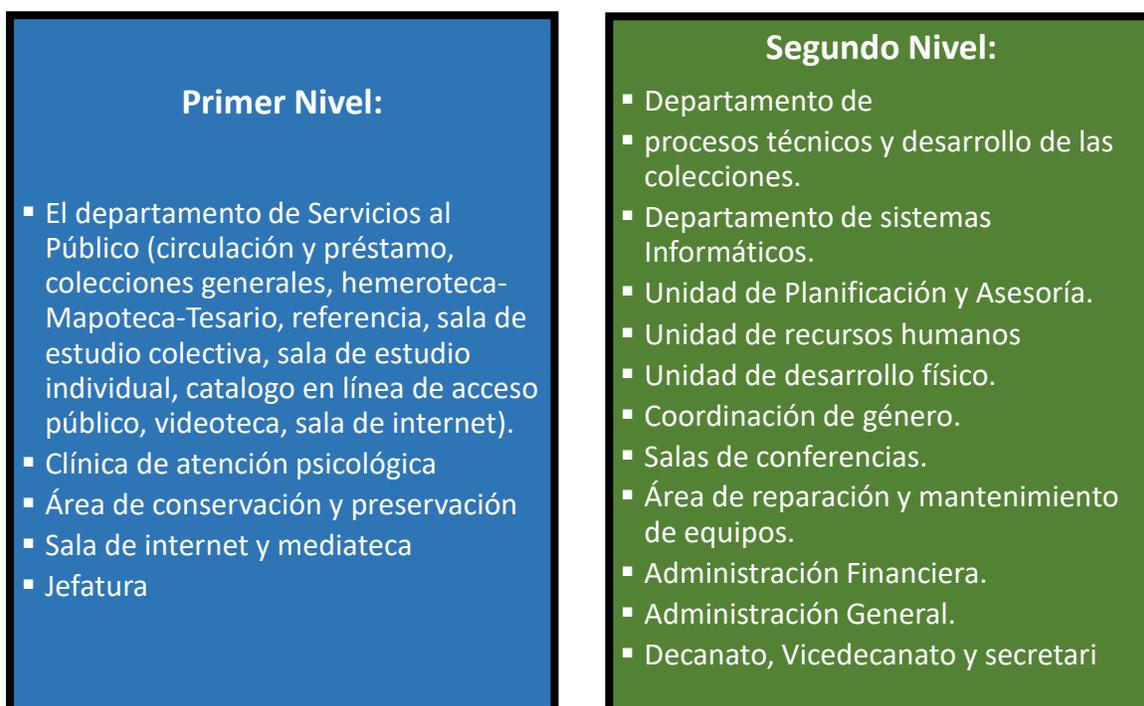


Ilustración 16 Áreas de la Unidad Bibliotecaria UES FMO

Estructura organizacional

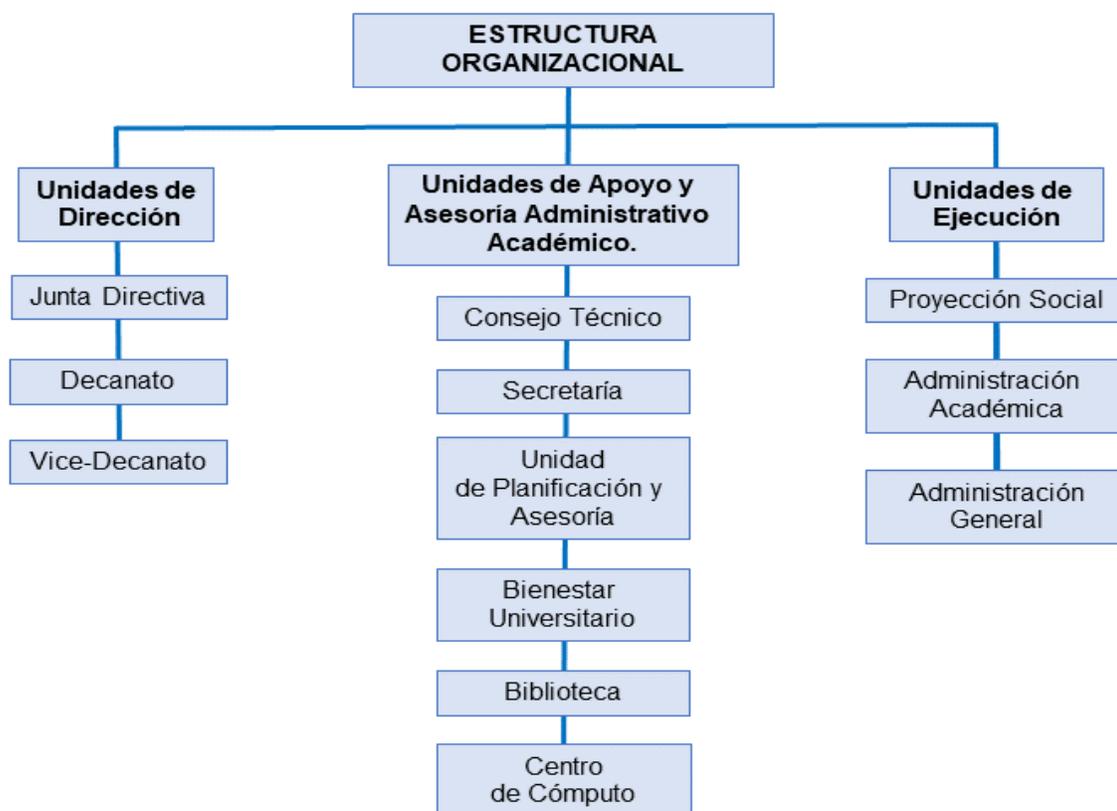


Ilustración 17 Estructura organizacional

AUTORIDADES

Decano: Msc. Carlos Iván Hernández Franco

Vice Decana: Dra. Norma Azucena Flores Retana

Secretario: Lic. Carlos de Jesús Sánchez

Misión Brindar los servicios de información para una investigación científica, la docencia y la proyección social, de la Facultad Multidisciplinaria Oriental, mediante la: Gestión, organización, difusión, promoción, la oportuna y ágil entrega de la información, que permita a la comunidad universitaria la satisfacción de sus necesidades de información para el cumplimiento de sus finalidades internas y para su integración e impacto en la realidad cultural, económica y social de la zona Oriental del país.

Visión: Al servicio y apoyo de la investigación, la cátedra y la proyección social: para el desarrollo humano, científico y tecnológico de la comunidad universitaria y de la zona Oriental. (Universidad de El Salvador, 2023)

CAPÍTULO III: MARCO LEGAL

3.1 Normativas SIGET

“NORMA PARA USUARIOS FINALES PRODUCTORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON RECURSOS RENOVABLES”

CAPÍTULO I. DISPOSICIONES GENERALES.

UPR: Usuario Final Productor Renovable, aquel usuario final que instala una unidad de producción de energía eléctrica basada en una fuente renovable con el único objeto de abastecer su demanda interna, y que, bajo una condición temporal y excepcional, por un período corto de tiempo podría inyectar excedentes de energía a la red de distribución eléctrica sin fines comerciales

Art. 8. Para garantizar que la unidad de generación que un UPR proyecta instalar, tiene por finalidad producir energía eléctrica para su propio consumo, ésta deberá cumplir las condiciones siguientes:

- a. La capacidad nominal máxima de la unidad a instalar deberá ser menor o igual que la demanda máxima de potencia del suministro al que la unidad suplirá la energía; y,
- b. La producción mensual estimada de energía de la unidad a instalar deberá ser menor que el consumo promedio mensual del suministro al que la unidad suplirá la energía.
- c. A las unidades de generación que posean algún dispositivo de almacenamiento de energía, no les será aplicable el requisito detallado en la letra “a.”, y la producción mensual estimada de energía detallada en la letra “b.” deberá ser menor o igual que el 90% del consumo promedio mensual del suministro al que suplirá la energía.

Sistema De Medición

Haciendo referencia al Acuerdo 192-E-2004 titulado “Normas de calidad del servicio de los sistemas de distribución” y su modificación y actualización el Acuerdo No. 320-E-2011 titulado “Modificación a las Normas de Calidad del Servicio de los Sistemas de Distribución y a la Metodología para el Control de la Calidad del Producto Técnico Referente a la Campaña de Perturbaciones”, trata la regulación de indicadores para calificar la calidad con la que las empresas distribuidoras de energía eléctrica suministran los servicios de energía eléctrica.

En la presente investigación se realizará un estudio con un analizador de redes modelo CPM-70 el cual es un dispositivo de medición de potencia multifunción, para conocer los indicadores energéticos presentados en el edificio unidad biblioteca, con respecto a el tiempo en días que se tiene que dejar el aparato tomando mediciones se toma de base los artículos siguientes del acuerdo antes citado:

El capítulo I titulado Sistema De Medición Y Control De La Calidad Del Servicio De La Distribución del acuerdo 192-E-2004 establece:

Art. 5. El objeto de establecer un Sistema de Medición y Control de la Calidad del Servicio de los Sistemas de Distribución, es que todo Distribuidor disponga de un sistema auditable que permita el análisis y tratamiento de las mediciones realizadas para la verificación de la Calidad del Servicio Técnico y la Calidad del Producto, sistema que deberá contemplar al menos, lo siguiente:

- a) La interrelación entre los registros de mediciones y las tolerancias previstas respecto de los parámetros que intervienen en el cálculo de los índices o indicadores de Calidad del Servicio Técnico y de Calidad del Producto, establecidos en estas Normas.
- b) El cálculo de las compensaciones.
- c) El establecimiento del número y localización de los beneficiados por las compensaciones.
- d) La adecuación y actualización de los sistemas informáticos existentes respecto de las exigencias que estas Normas especifican.
- e) La realización de los procedimientos y/o mecanismos utilizados para la recopilación de la información.
- f) La implementación y utilización de mecanismos de transferencia de información requeridas por la SIGET.
- g) Las pruebas pertinentes que permitan a la SIGET, realizar auditorías del funcionamiento del sistema.

El Título V denominado “CALIDAD DEL PRODUCTO TECNICO” en el CAPITULO I denominado GENERALIDADES

Art.15. La Calidad del Producto suministrado por el distribuidor, será evaluada mediante el sistema de Medición y Control de la Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución, realizado por el propio Distribuidor y supervisado por la SIGET para identificar las transgresiones a las tolerancias permitidas respecto a los parámetros establecidos para: Regulación de Tensión, Distorsión Armónica y Flicker.

Art.16. La incidencia del usuario en la calidad del producto será evaluada mediante el control, que efectúe de oficio el propio Distribuidor, de las transgresiones a las tolerancias establecidas respecto a la Distorsión Armónica, Flicker y Factor de Potencia.

Art.17. El control de la Calidad del Producto será efectuado por los Distribuidores, mediante mediciones en periodos mensuales denominados Periodos de control, en la cantidad de puntos establecidos en estas normas. Con los resultados de la totalidad de estas mediciones, se determinarán semestralmente índices o indicadores globales que reflejen el comportamiento del Servicio Eléctrico de Distribución en los últimos doce meses.

Art.18. Período de Medición. Dentro del Período de Control, el lapso mínimo para la medición de los parámetros de la Calidad del Producto será de siete días calendario, denominado Período de Medición.

Art.19. Intervalo de Medición. Dentro del Período de Medición, la medición de los parámetros de Regulación de Tensión y Desbalance de Tensión será en intervalos de quince minutos. Para el caso de Distorsión Armónica y Flicker será de diez (10) minutos. A estos lapsos de tiempo se les denomina intervalos de medición (k).

Art.20. Mediciones adicionales. Cuando el caso lo requiera y/o a solicitud de SIGET, el Distribuidor deberá efectuar la medición de los parámetros correspondientes, en el punto de la red indicado, utilizando los mismos períodos e intervalos de medición, estipulados en los artículos anteriores.

Capítulo II Niveles De Tensión

Art.21. La empresa distribuidora deberá mantener sus niveles de tensión, dentro de los rangos señalados en esta norma, de manera que los equipos eléctricos de los usuarios puedan operar eficientemente dentro de las tensiones normalizadas para el sistema de distribución eléctrica.

Capítulo III Efecto De Parpadeo (Flicker)

Art.41. Indicador del Efecto de Parpadeo. El indicador del efecto de parpadeo en el sistema de distribución, deberá ser medido por el índice de severidad de efecto de parpadeo de corto plazo Pst. El Pst deberá ser igual a 1.00 para todos los niveles de tensión de distribución.

Capítulo IV Armónicas, Límites Admisibles.

Art.45. La empresa, en su sistema de distribución, deberá limitar la distorsión armónica en los niveles de Media y Baja tensión de acuerdo a lo especificado en la Tabla N° 4 contenida en las presentes Normas. Estos niveles de referencia para las armónicas de tensión en Baja Tensión, no deben ser superados durante más del cinco por ciento (5 %) del período de medición.

Capítulo VI Factor De Potencia

Art.62. Valor Mínimo para el Factor de Potencia. El valor mínimo admitido para el factor de potencia se discrimina de acuerdo a la potencia que demanda el usuario final, de la siguiente forma:

Límites de Factor de Potencia admitido

| RANGO | F.P. |
|---|------|
| Usuarios con potencias superiores a 10 kW | 0.90 |

Art.63. Control para el Factor de Potencia. El control se realizará en el punto de medición o en la acometida del Usuario, en períodos mínimos de siete días calendario registrando datos de energía activa y reactiva. (SIGET, 2004)

3.2 Normativas del El Salvador en el Ámbito Energético

Actualmente en El Salvador no se encuentra aprobada ninguna ley acerca de la Eficiencia Energética, en cambio hay un ente facultado para promover políticas al respecto, es el Consejo Nacional de Energía (CNE), solo se han implementado medidas de ahorro de energía eléctrica a través de los comités de eficiencia energética.

La legislación aprobada y vigente acerca de la eficiencia energética son las siguientes:

3.2.2 Ley de Adquisiciones y Contrataciones de la Administración Pública

Tiene por objeto regular la adquisiciones y contrataciones de obras, bienes y servicios, que deben celebrar las instituciones de la Administración Pública para el cumplimiento de sus fines.

3.2.3 Política Energética de El Salvador

Mediante el Decreto Legislativo No 404 del año 2007, fue decretada la Ley de Creación del Consejo Nacional de Energía -CNE- con la finalidad de establecer la política y estrategia para promover el desarrollo eficiente del sector energético y así recuperar, entre otras, la función de planificación de largo plazo del estado.

En el 2011 por el CNE se elabora una nueva política de energía, cuyo objeto central es la diversificación de la matriz energética, para reducir la dependencia de la generación térmica, en énfasis en los recursos renovables, proyectando realizar variedad de acciones que buscan reducir el consumo de energía, mediante la aplicación de medidas de eficiencia energética y reducir o evitar el consumo de productos derivados del petróleo y otros combustibles que son fuertemente utilizados en las plantas termoeléctricas, sistemas de transporte, industrias y comercios diversos, y sistemas residenciales de energía.

3.2.4 Política de Ahorro y Austeridad del Sector Público

La política de Ahorro y Austeridad del sector público, establece que todas las instituciones que se rigen por la Ley Orgánica de Administración Financiera del Estado quedan obligadas a aplicar

la Política de Ahorro y Austeridad del Sector Público, que debe ser emitida por el Órgano Ejecutivo.

El objetivo de este decreto, es generar ahorro y que al gasto se ejecute con criterios de austeridad y racionalidad, a efecto de darle cumplimiento a las prioridades y metas establecidas en cada institución.

3.2.5 Ley Orgánica de la Universidad de El Salvador

La presente Ley tiene por objeto establecer los principios y fines generales en que se basará la organización y el funcionamiento de la Universidad de El Salvador.

3.2.6 Reglamento general para la instalación y funcionamiento de servicios esenciales de alimentación, elaboración de documentos y otros servicios afines.

Este reglamento aprobado por la Asamblea General Universitaria según acuerdo No 32/2003-2005 teniendo por objeto regular la autorización, instalación, funcionamiento y supervisión de establecimientos que presten servicios de alimentación, fotocopias y otros servicios afines; dentro del campus universitario. Este reglamento establece en su Art. 7, el uso de servicios básicos como la energía eléctrica.

La Universidad no tiene ninguna normativa específica para la implementación de medidas administrativas, financieras y técnicas que den lugar al ahorro de energía eléctrica implementando una eficiencia energética para proteger el medio ambiente y manteniendo la calidad de los servicios prestados de la Universidad.

CAPÍTULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Enfoque de la Investigación

El presente estudio se realizará con un enfoque mixto, en el cual, implica un conjunto de procesos de recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio o una serie de investigaciones para responder a un planteamiento del problema. (Sampieri metodología de la investigación). (Hernández Sampieri, 2014)

4.2 Universo, Población y Muestra

Universo

Para el progreso de esta investigación, se tomará como universo de estudio el Edificio de Unidad Bibliotecaria de la Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria Oriental.

Población

La población que se tomará en cuenta para desarrollar la investigación, haciendo un total de alrededor de 42,524 personas que hacen uso de las instalaciones del edificio de unidad bibliotecaria, entre ellos serán los siguientes grupos:

- Personal Administrativo
- Docentes
- Estudiantes
- Personal de Mantenimiento

Criterios de Inclusión de los Encuestados

- Personal que labora en el edificio de la Unidad Bibliotecaria, UES FMO.
- Estudiantes que hacen uso de las instalaciones de la Unidad Bibliotecaria.
- Personal de mantenimiento.
- Docentes
- Personas que acepten voluntariamente participar en el estudio.

Criterios de Exclusión de los Encuestados

- Personas que no están de acuerdo en participar en el estudio.
- Personal que no laboran el edificio de Unidad Bibliotecaria de la UES FMO.

Muestra:

Para seleccionar los sujetos que formaron parte de la muestra se aplicó un diseño muestral probabilístico simple, porque los sujetos fueron seleccionados al azar.

Para calcular el tamaño de la muestra se hizo uso de la fórmula de proporción de éxito para poblaciones finitas.

$$n = \frac{(z)^2(p)(q)N}{(N - 1)(LE)^2 + (z)^2(p)(q)}$$

Fórmula:

n = Muestra

Z= Nivel de significación (1.96)

P= Proporción poblacional ocurrencia del fenómeno (0.5)

LE= Margen de error (0.05)

Q= Nivel de probabilidad de error (0.5)

N= Población

Sustituyendo:

$$n = \frac{(z)^2(p)(q)N}{(N - 1)(LE)^2 + (z)^2(p)(q)}$$

$$n = \frac{(1.96)^2(0.5)(0.5)(42,524)}{(42,524 - 1)(0.05)^2 + (1.96)^2(0.5)(0.5)}$$

$$n = \frac{(1.96)^2(0.5)(0.5)42,524}{(42,524 - 1)(0.05)^2 + (1.96)^2(0.5)(0.5)}$$

$$n = \frac{(3.84)(0.25)42,524}{42,523(0.0025) + (3.84)(0.25)}$$

$$n = 380.72 \approx 381$$

4.3 Técnicas e instrumentos de recolección de la información:

Técnica: La técnica que se utilizará en el estudio para la recolección de datos cuantitativos será la encuesta, la cual será aplicada por el equipo investigador a la población que hace uso de las instalaciones del edificio de unidad bibliotecaria de la Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria Oriental.

Se utilizará el método de la medición para datos cuantitativos, siendo el pilar fundamental para el diagnóstico del edificio, midiendo los parámetros eléctricos como el consumo de energía eléctrica total por un periodo de tiempo prolongado.

Para datos cualitativos se tomará como técnica la observación, recogiendo información mediante el levantamiento de datos del edificio.

Instrumento: Partiendo de la técnica el instrumento que se utilizará será el cuestionario (ver anexo N°2). El cuál será diseñado por el equipo investigador con 29 preguntas, de las cuales 14 son cerradas, 12 categorizadas y 3 abiertas.

4.4 Validación de instrumentos de recolección de la información

Para validar el instrumento de investigación será a través de la prueba piloto, la cual consiste en aplicarlo al 10% de la muestra, lo que equivale a 9 personas naturales que hacen uso de las instalaciones del edificio de unidad bibliotecaria de la Facultad Multidisciplinaria Oriental, Universidad de El Salvador, con las mismas características pero que no formarán parte de la muestra.

4.5 Estrategias de recolección, procesamiento y análisis de la información

Recolección de datos

Para recolectar la información se aplicará una encuesta por medio de la plataforma de Google Forms, se compartirá el link por medio de un código QR, a estudiantes y docentes que hacen uso de las instalaciones del edificio, también se impartirá encuestas mediante impresiones físicas al personal administrativo y de mantenimiento, la cual está compuesta por una serie de preguntas categorizadas y cerradas, para reunir datos y para poder detectar el dato que queremos obtener.

4.5.1 Instrumentos de medición utilizados:

Analizador De Potencia CPM-70

Proporciona medición y visualización en tiempo real de indicadores en una pantalla con medidas 96"x96" ya sean con conexiones monofásicas y trifásicas en alta precisión, acumulando datos en memoria midiendo hasta 34 parámetros entre ellos kWh, kVAR y kVA con 2 MB de memoria interna proporcionando registros máximos y/o mínimos para el uso de energía y parámetros de demanda de energía con una alta precisión de 0.5S, y toma 2 a 31 de armónicos individuales para diferencia de tensión y corriente.



Ilustración 18 Analizador de Potencia

FLIR TG165 Cámara Térmica Puntual

Permite realizar mediciones en tiempo real de temperaturas por medio de cámara sin necesidad de manipular los elementos fríos o calientes rápidamente que podrían provocar accidentes graves, cuenta con las siguientes características:

- Muestra instantáneamente lo que está apuntando y hacia donde apuntar.
- Elimina conjeturas ciegas.
- Relación de tamaños de punto de 24:1 para una medición a una distancia segura.
- Intuitivo y fácil de operar sin necesidad de formación especial.
- Guarda fácilmente imágenes y datos de documentación a través de memoria micro SD.
- Rango de -25 a 380 °C.
- Tiempo de respuesta: 150 milisegundos.
- Respuesta espectral: de 8 a 14μm.



Ilustración 19 Cámara Térmica Puntual

4.5.2 Procesamiento de datos

Para la consolidación y procesamiento de los datos, se tabularán en una tabla de doble entrada o tabla de contingencia, en donde se analizarán las preguntas de la encuesta. Para introducir datos se realizará de manera manual usando el programa de Word por los integrantes del equipo investigador

4.5.3 Análisis de datos

Para analizar los datos se hará de forma manual, mediante graficas de barra que mostrará datos visualmente utilizando graficas de pastel, cuyas longitudes son proporcionales a las cantidades que representan y se realizará el respectivo análisis e interpretación de cada gráfica.

4.6 Programas utilizados y levantamiento de la Unidad Bibliotecaria FMO.

Para la creación de la geometría y levantamiento del Edificio de Unidad Biblioteca de la Universidad de El salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental, se necesitaron una serie de programas los cuales en este capítulo detallaremos de una manera clara, concreta y concisa, las cuales los programas fueron:

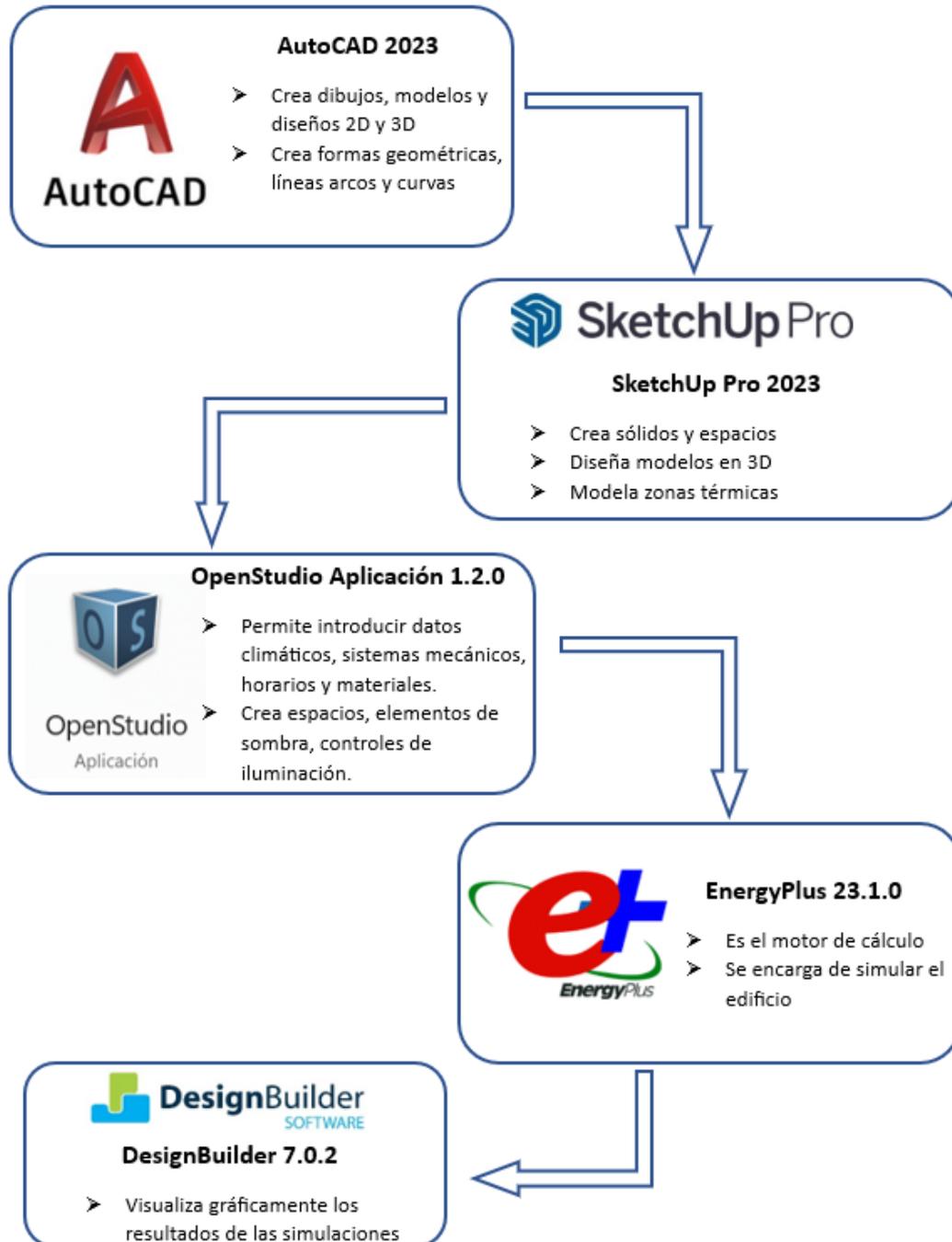


Ilustración 18 Programas utilizados

Descargas e instalación de cada uno de los programas utilizados.

Entorno de AutoCAD.

AutoCAD es un software de diseño asistido por ordenador CAD desarrollado y comercializado por Autodesk. Es ampliamente utilizado por arquitectos, ingenieros, diseñadores

y otros profesionales para crear dibujos y modelos precisos en 2D y 3D. AutoCAD proporciona una gama de herramientas y características que permiten a los usuarios crear, modificar y analizar diseños para diversas industrias, como arquitectura, ingeniería, construcción y fabricación.

Descarga e Instalación

Ingresamos a la página oficial de Autodesk (<https://www.autodesk.com/free-trials>) donde nos muestra la página de inicio de Autodesk para descargar AutoCAD en nuestro caso le daremos en descargar versión de prueba gratuita. Antes que todo debemos crear una cuenta en la página de Autodesk, para que podamos instalar o descargar la prueba gratuita de AutoCAD versión estudiante 30 días. Seleccionamos en AutoCAD obtener Producto, la cual podemos seleccionar nuestra plataforma, año e idioma del software. Le damos instalar.

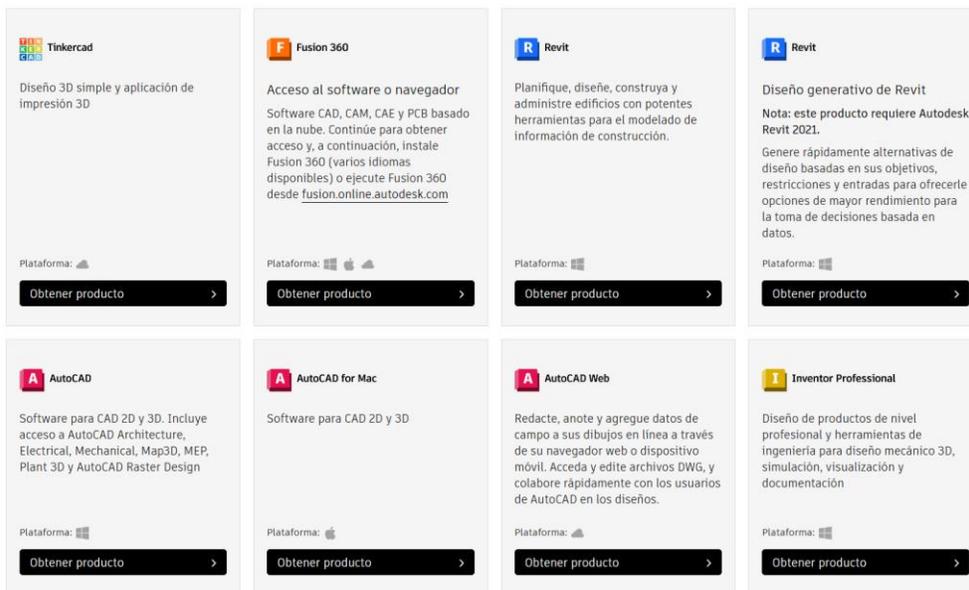


Ilustración 19 Pagina de Autodesk

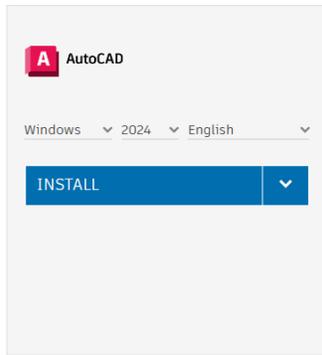


Ilustración 20 Pagina Autodesk

Área de trabajo en AutoCAD.

Después de haber instalado el software, construimos la vista en planta de la Unidad Biblioteca de la FMO, con las herramientas necesarias de AutoCAD.

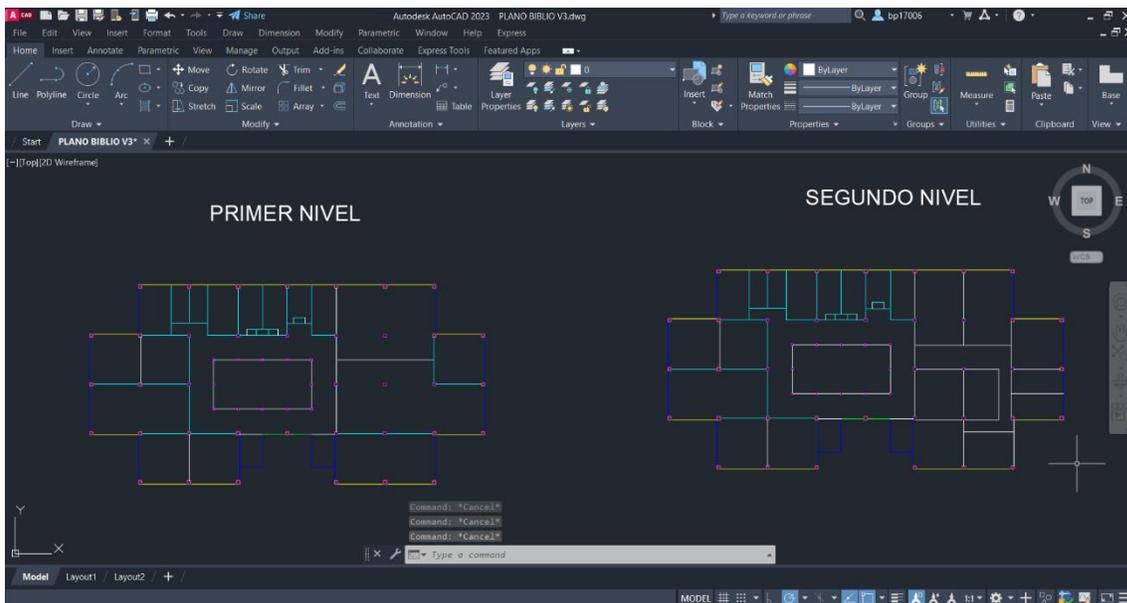


Ilustración 21 Área de trabajo de AutoCAD

Entorno de SketchUp Pro.

SketchUp es un programa de software de modelado 3D desarrollado por Trimble Inc. Es comúnmente utilizado por arquitectos, ingenieros y diseñadores para crear, modificar y

compartir modelos 3D de edificios, muebles, paisajes y otros objetos. SketchUp proporciona una interfaz fácil de usar que permite a los usuarios crear modelos utilizando una combinación de herramientas de dibujo.

Descarga e Instalación.

Para obtener el software debemos ingresar a la página oficial con nuestra cuenta institucional podemos descargar la versión de prueba por 30 días (<https://www.sketchup.com>). Elegimos el año y versión del programa también nos aseguramos que sea compatible con el tipo de procesador de nuestra computadora, para nuestro caso se descargó SketchUp Pro 2023 para Windows 64 Bit en inglés.

Luego de haber descargado el programa nos dirigimos en la carpeta de descarga y lo ejecutamos como administrador. Luego tendremos listo el programa para empezar a realizar nuestro levantamiento, la cual nos mostrará una pantalla de inicio como la siguiente figura, elegimos la plantilla en la cual trabajaremos, será en metros.

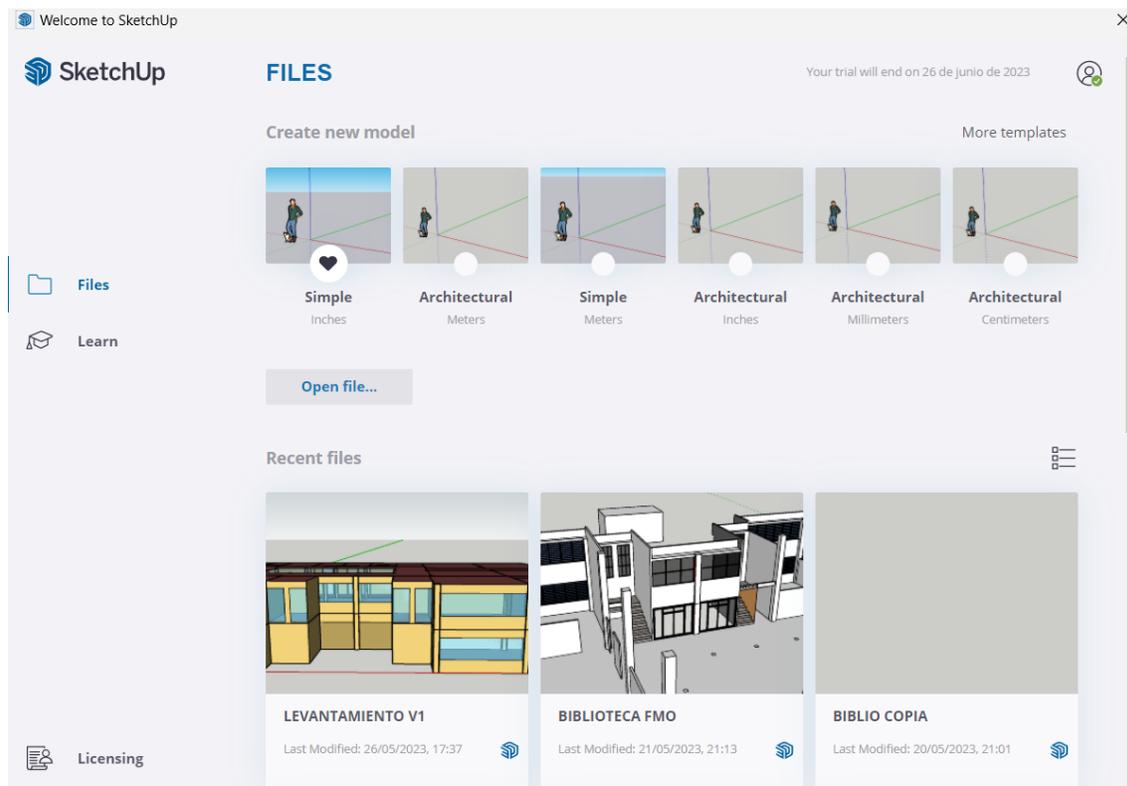


Ilustración 22 Selección de plantilla Sketchup

Entorno de OpenStudio.

OpenStudio es un kit de desarrollo de software (SDK) de código abierto y un conjunto de aplicaciones utilizado para el análisis energético y la simulación del rendimiento de edificios. Fue desarrollado por el Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL) en colaboración con el Departamento de Energías de los Estados Unidos (DOE) y otros socios de la industria.

Visión General.

OpenStudio 1.2.0 implementa una visualización de resultados completamente nueva. Los modeladores y desarrolladores pueden crear medidas de informes personalizadas que aparecen directamente en la pestaña de resultados de la aplicación OpenStudio. Estas mediciones de informes se pueden compartir en Building Component Library y descargar directamente en la aplicación OpenStudio.

Descarga e instalación.

A la hora de instalar los programas SketchUp Pro y el Plugin de OpenStudio debemos tener mucho cuidado en que los programas sean compatibles entre sí, para poder desarrollar el levantamiento en SketchUp mediante OpenStudio. En la siguiente tabla mostramos una serie de versiones compatibles para una mayor facilidad de descarga de los programas y sus versiones correspondientes.

Matriz de Compatibilidad de versiones del complemento OpenStudio SketchUp:

| Versión de SketchUp | Rubí | Aplicación OpenStudio | Complemento OpenStudio SketchUp |
|-------------------------|-------|------------------------|---------------------------------|
| SU Pro/Studio 2021-2023 | 2.7.1 | V1.2.0 o Superior | V1.2.0 o Superior |
| SU Pro/Studio 2019-2020 | 2.5.5 | V1.1.0 (V1.1.1 en Mac) | V1.1.0 o Superior |

Tabla 2 Compatibilidad de versiones del complemento de Openstudio

Como anteriormente nosotros instalamos SketchUp Pro 2023, entonces necesitaremos una versión compatible de OpenStudio a SketchUp, como podemos ver en la tabla anterior la versión compatible es, *v1.2.0* de OpenStudio.

Notas de Instalación.

OpenStudio es compatible con Windows XP – 8.1, OS X 10.8 – 10.9 y Ubuntu 12.04.

Pasos de Instalación.

Para la instalación de OpenStudio ingresamos a la siguiente página (<https://github.com/NREL/OpenStudio/releases/tag/v1.2.0>). Al final de la página nos encontramos con las descargas disponibles.

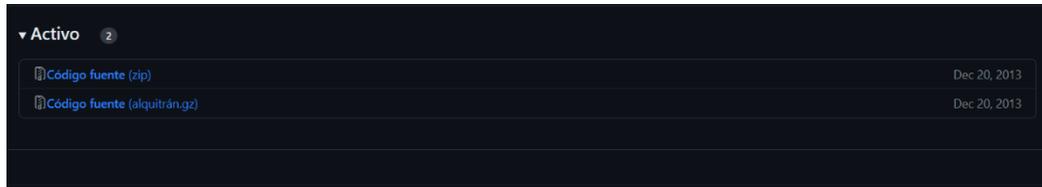


Ilustración 23 Descarga de OpenStudio por repositorio de GitHUB

Después de haber descargado el archivo, le damos ejecutar como administrador para finalizar nuestra instalación de OpenStudio.

Entorno EnergyPlus.

EnergyPlus™ es un programa completo de simulación energética de edificios que ingenieros, arquitectos e investigadores utilizan para modelar tanto el consumo de energía (para calefacción, refrigeración, ventilación, iluminación y cargas de enchufe y proceso) como el uso de agua en edificios. Algunas de las características y capacidades notables de EnergyPlus incluyen:

- **Solución integrada y simultánea** de las condiciones de la zona térmica y la respuesta del sistema HVAC que no asume que el sistema HVAC puede cumplir con las cargas de la zona y puede simular espacios no acondicionados y sub acondicionados.
- **Solución basada en balance térmico** de efectos radiantes y convectivos que producen temperaturas superficiales de confort térmico y cálculos de condensación.
- **Pasos de tiempo sub horarios, definibles por el usuario** para la interacción entre las zonas térmicas y el medio ambiente; con pasos de tiempo variables automáticamente para las interacciones entre las zonas térmicas y los sistemas HVAC. Esto permite a EnergyPlus modelar sistemas con dinámica rápida al tiempo que intercambia la velocidad de simulación por la precisión.
- **Modelo combinado de transferencia de calor y masa** que tiene en cuenta el movimiento de aire entre zonas.

- **Modelos avanzados de fenestración** que incluyen persianas controlables, acristalamientos electrocrómicos y balances de calor capa por capa que calculan la energía solar absorbida por los cristales de las ventanas.
- **Cálculos de iluminancia y deslumbramiento** para informar sobre el confort visual y los controles de iluminación de conducción.
- **HVAC basado en componentes** que admite configuraciones de sistema estándar y novedosas.
- **Un gran número de estrategias integradas de control de HVAC e iluminación** y un sistema de scripting de tiempo de ejecución extensible para el control definido por el usuario.
- Importación y exportación de **Functional Mockup Interface** para co simulación con otros motores.
- **Informes de salida detallados y resumidos estándar**, así como informes definibles por el usuario con resolución de tiempo seleccionable de anual a sub horaria, todos con multiplicadores de fuente de energía.

Descarga e Instalación.

Para proceder con la descarga del programa, primero ingresamos a la página oficial de EnergyPlus <https://energyplus.net/downloads> donde nos muestra diferentes versiones para descargar tal y como se puede observar en la siguiente imagen:

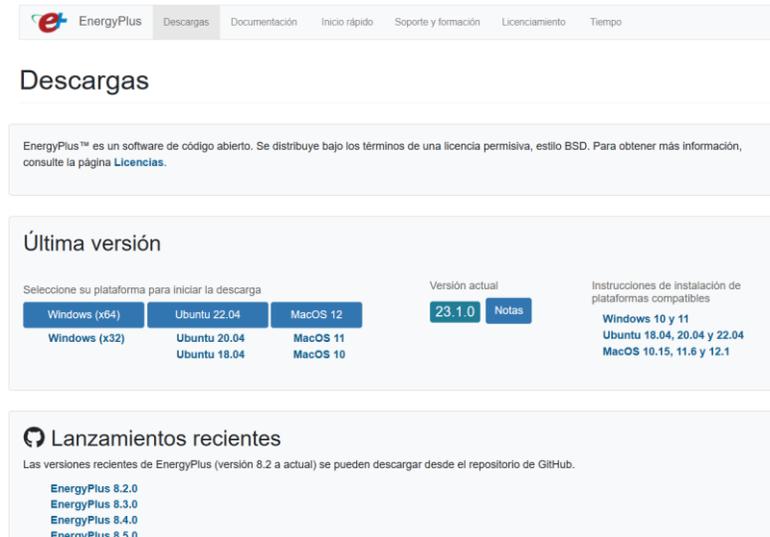


Ilustración 24 Entorno de la página web de EnergyPlus

Para la realización de esta tesis descargaremos la versión más reciente de “*EnergyPlus V23.1.0*”, seleccionamos en “Windows(x64)” para iniciar la descarga. Luego lo ejecutamos y listo tendremos instalado EnergyPlus.

4.6.2 Diseño Y Levantamiento Del Edificio Unidad Biblioteca FMO.

Para la realización del diseño de la Unidad Biblioteca FMO fue necesario estructurar el plano en AutoCAD para luego exportarlo a SketchUp en su Plugin de OpenStudio. Mediante el grupo de herramientas como Draw, Modify, Annotation y Layers hacemos el levantamiento visto en planta del edificio.

No entraremos en detalle con los pasos que se hicieron para el levantamiento en planta en AutoCAD, ya que nuestro objetivo principal es la geometría realizada en OpenStudio mediante SketchUp.

La siguiente imagen muestra el plano realizado en AutoCAD, la cual, comprendido una visita de campo para tomar medidas de las dimensiones del edificio, como altura, dimensiones de cada espacio, grosor de pared, dimensiones de ventanas y puertas etc.

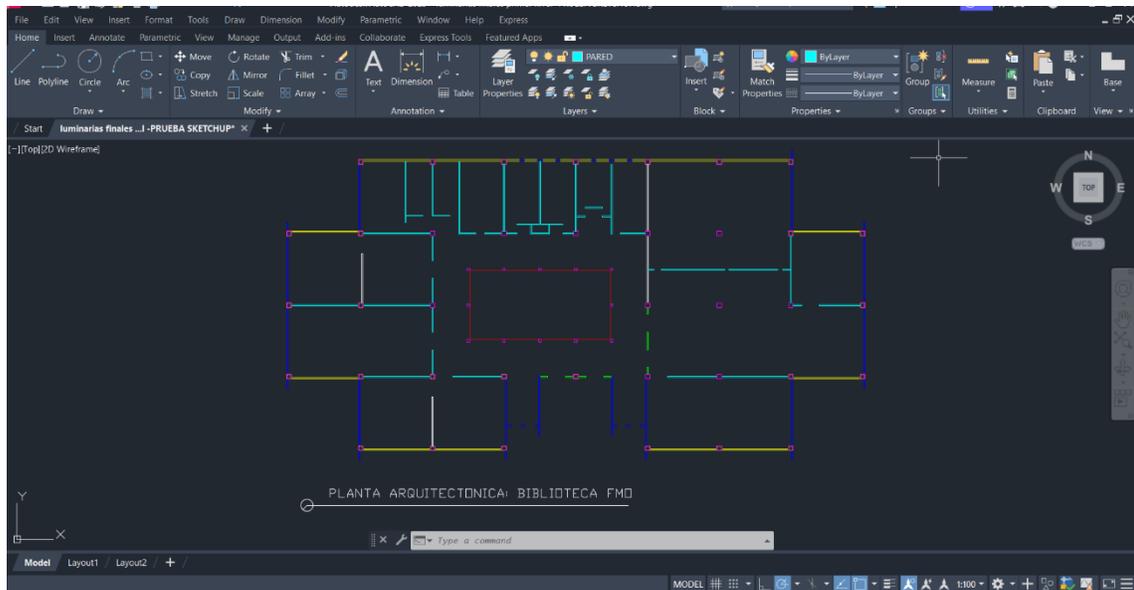


Ilustración 25 Vista en planta arquitectónica del edificio Unidad Bibliotecaria de la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental

Antes de exportarlo a SketchUp debemos asegurarnos de las unidades de medida del plano, con el teclado o mediante la barra de comandos escribimos “units”, la cual se muestra el icono en la siguiente imagen.

Damos clic y nos muestra la siguiente ventana, en “Insertion Scale”, cambiamos a escala en metros.

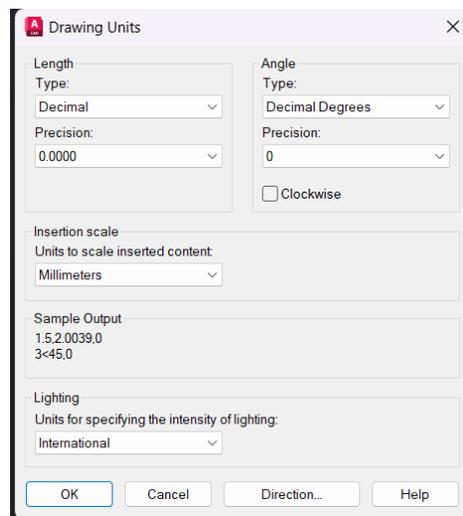


Ilustración 26 Modificación de unidades en AutoCAD

Ya teniendo el plano con las unidades en metros, el siguiente paso sería la exportación a SketchUp.

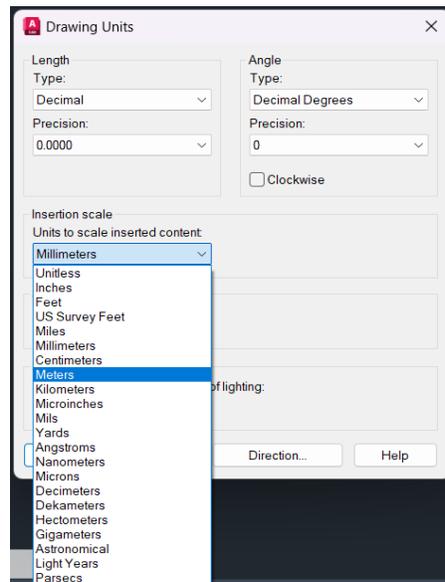


Ilustración 27 Modificación de unidades en AutoCAD

Nos dirigimos al software de SketchUp, lo abrimos y de entrada nos mostrara la ventana de bienvenida, donde escogeremos el modelo que necesitamos, en este caso abriremos el modelo sencillo en unidades de metros.

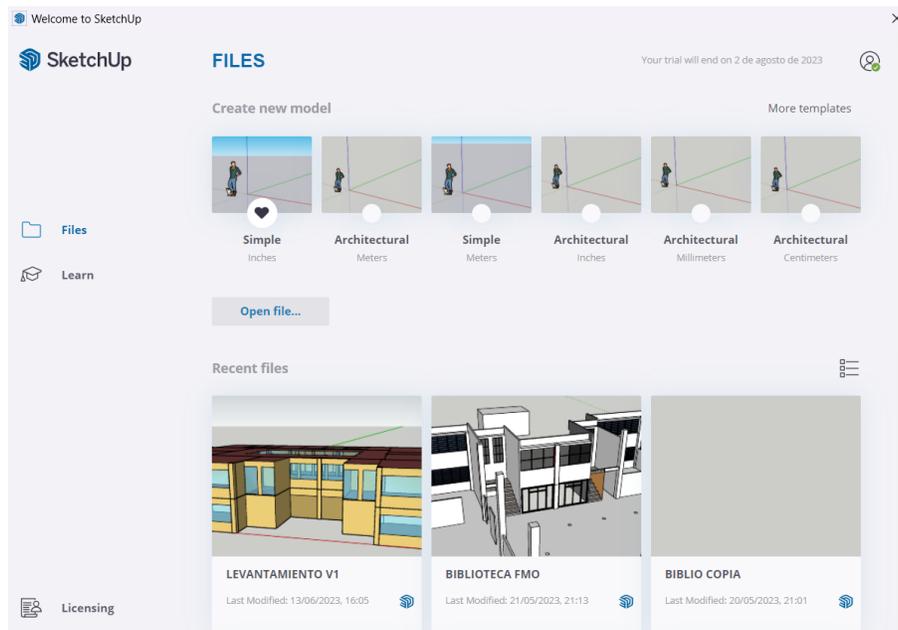


Ilustración 28 Ventana de bienvenida de SketchUp

Se nos abrirá el espacio de trabajo de SketchUp, la cual nos muestra las diferentes barras de menús la cual utilizaremos para la realización de levantamientos en 3D del edificio de la unidad bibliotecaria.

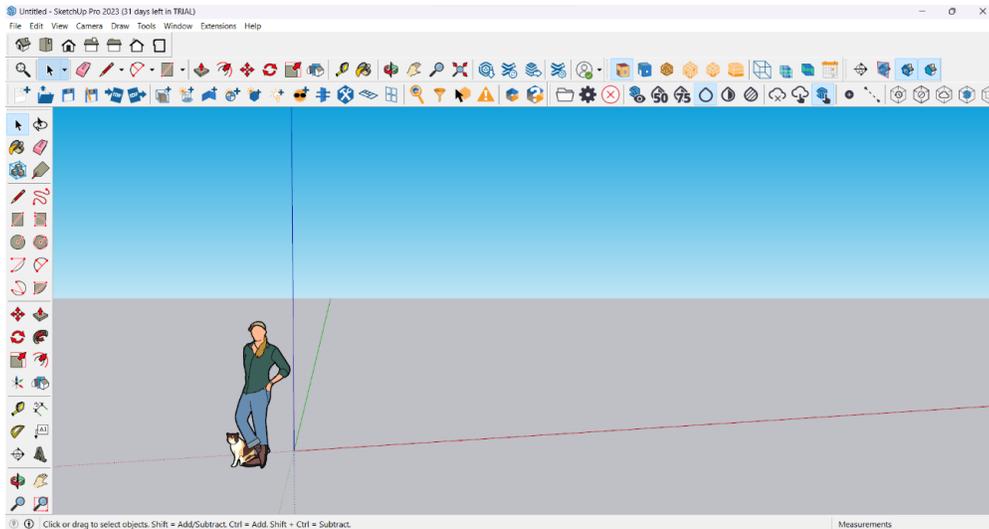
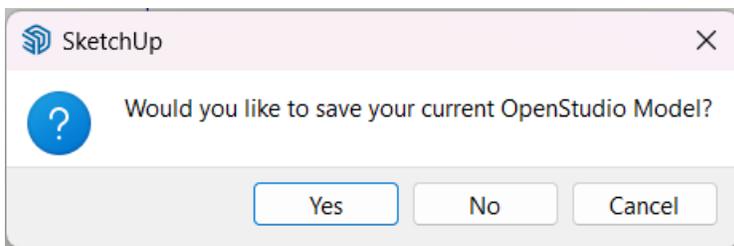


Ilustración 29 Área de trabajo del entorno Sketchup

Para crear nuestra geometría, abriremos una plantilla de OpenStudio que hemos descargado previamente, esto nos ahorra tiempo, ya que la plantilla cuenta con la asignación de todos los materiales de construcción necesarios para nuestro edificio.

Damos clic en el icono  “**Open OpenStudio Model**” se nos abrirá una ventana de emergencia y le damos clic en “NO”, ya que no queremos guardar ningún modelo actual, por el momento.



Una vez abierta nuestra plantilla, procedemos a guardar nuestro archivo con un nuevo nombre, dando clic en el icono  “**Save OpenStudio Model As**”, esto para que la plantilla siempre nos sirva por algunas simulaciones futuras, se nos generara los siguientes archivos:

LEVANTAMIENTO V3

LEVANTAMIENTO V3

Es recomendable a la hora de crear nuestra geometría, no guardarlo en formato de Sketchup, ya que a la hora de simular se nos pueden presentar una serie de errores ya sea de superficies que no coincidan.

Una manera de asegurarnos de que nuestra geometría no la estamos guardando en formato. skp es, que no muestra ningún nombre de archivo como se puede ver en la siguiente imagen:



Importación de plano CAD a Sketchup.

Una manera de dibujar nuestra vista en planta en sketchup es realizarlo en AutoCAD e importarlo a sketchup esto nos ahorraría tiempo, dando clic en “file” y nos mostrara la siguiente ventana:

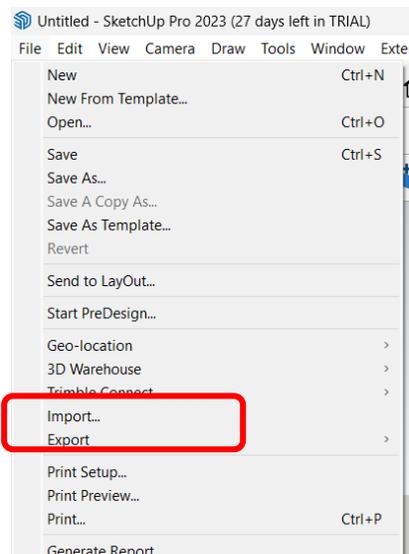


Ilustración 30 Importación de plano a Skepchup

Damos clic en importar y nos abrirá la ventana para elegir el archivo que queremos importar, lo seleccionamos y le damos “importar”.

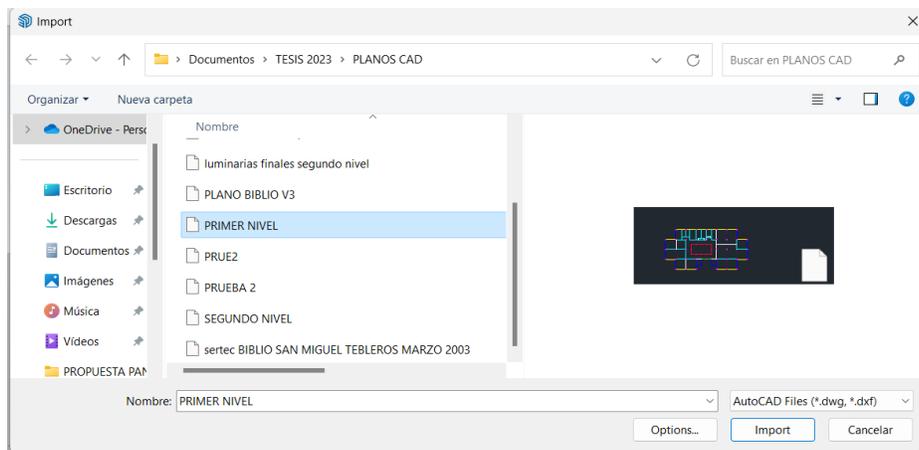


Ilustración 31 Selección de plano para importación a Sketchup

Una vez importado el plano, se nos copiará en el entorno de Sketchup tal y como se muestra en la siguiente imagen:

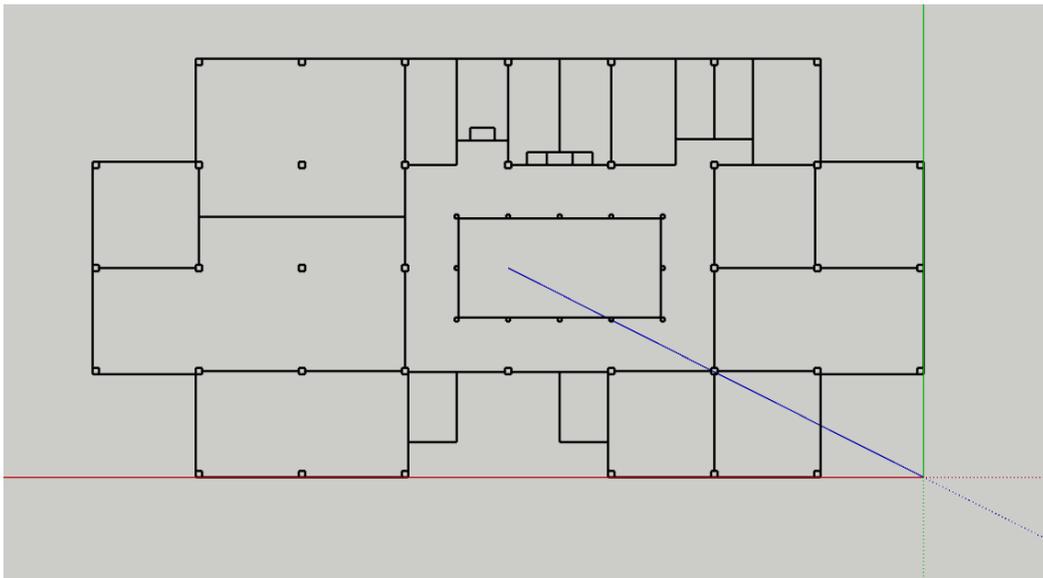


Ilustración 32 Plano importado CAD desde Sketchup

Antes de seguir con nuestra geometría del edificio podemos ver que el plano se nos ha copiado como un solo componente, esto lo podemos ver seleccionando una línea de nuestro plano, vemos que se nos selecciona todo el plano del edificio, lo que debemos hacer es darle en

la opción “explode”, damos clic izquierdo sobre el plano y se nos tornara como seleccionado mostrando el plano de color azul, luego clic derecho y seleccionamos “explode”.

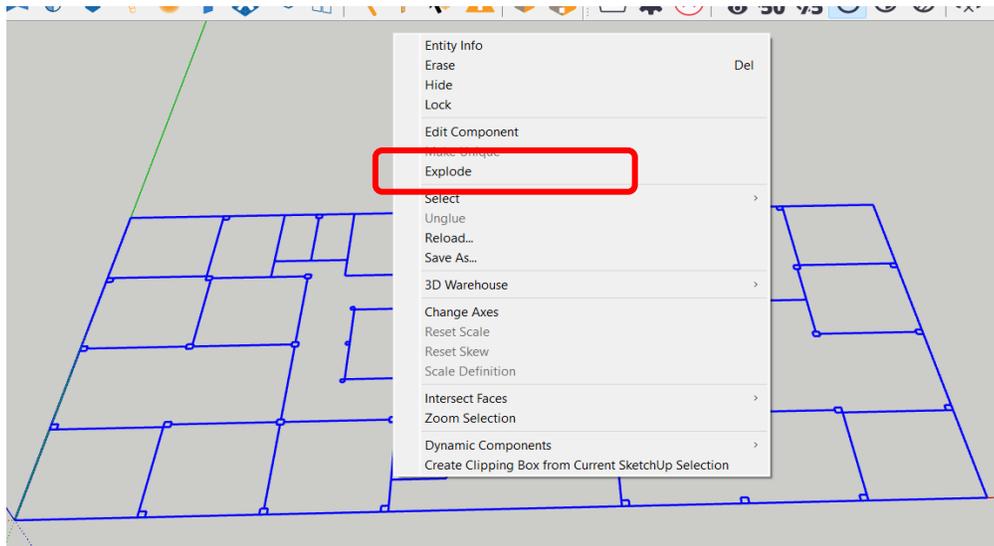


Ilustración 33 Explotación de plano, para poder definir espacios en Sketchup

Creación de espacios y superficies

Ahora ya tenemos un conjunto de líneas que forman el plano en planta del edificio, pero necesitamos dar espacio en las dimensiones de cada área, esto lo generamos con el icono

“Shapes”  notaremos que cada espacio toma un tono de color diferente eso quiere decir que se ha dibujado un espacio. Aplicamos esto en todo el entorno del edificio.

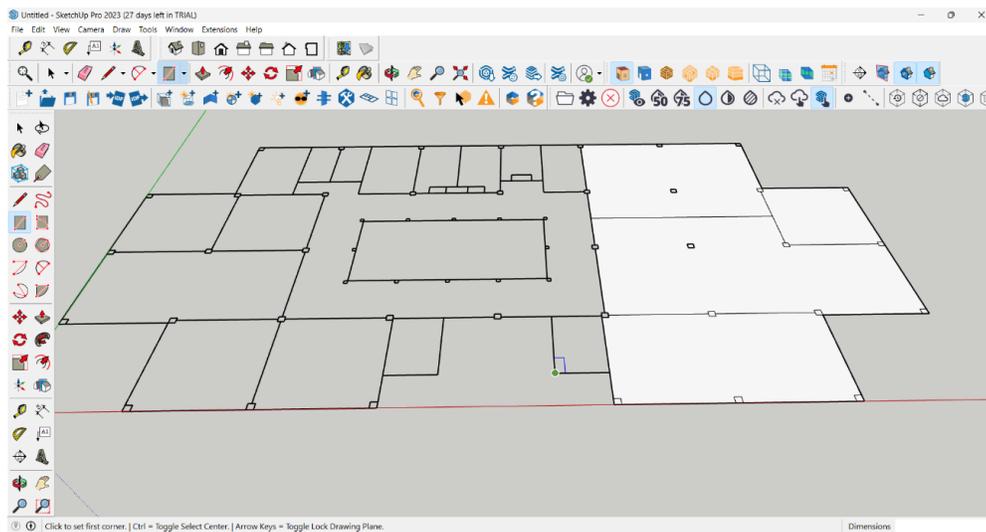


Ilustración 34 Creación de espacios con la opción Shapes (rectángulo)

Para hacer el levantamiento de paredes del primer nivel del edificio de Unidad Bibliotecaria, utilizaremos la opción **“Create Spaces From Diagram”** 

Primero seleccionamos la geometría de todo el edificio luego damos clic en el icono antes mencionado y se nos desplegará la siguiente ventana:

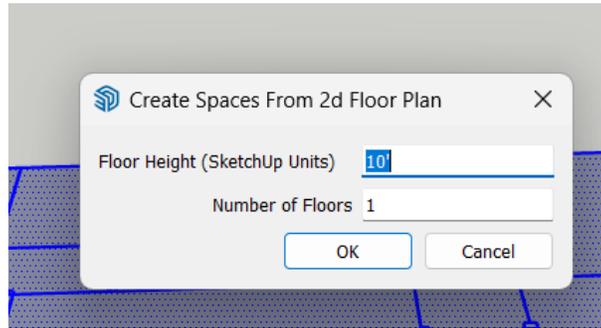


Ilustración 35 Opción de cantidad de plantas del edificio y altura

Con esta opción podemos dar altura de pared y cantidad de niveles que le podemos dar a nuestro edificio, en nuestro caso la altura será de 3 metros del nivel de piso, y la cantidad de niveles será solo de 1, ya que el segundo nivel del edificio no coincide con las divisiones del primer nivel.

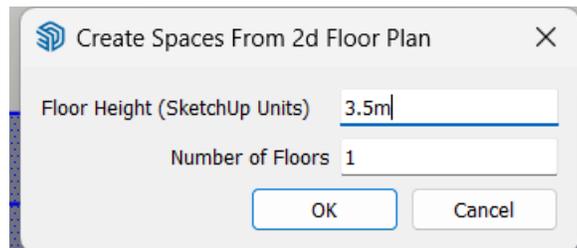


Ilustración 36 Agregando altura y cantidad de plantas del edificio

Luego de ingresar nuestras medidas, le damos en **“OK”**. Vale la pena mencionar que al momento de ingresar la altura utilizar separación de decimal con coma (,) y unidad de medida (m).

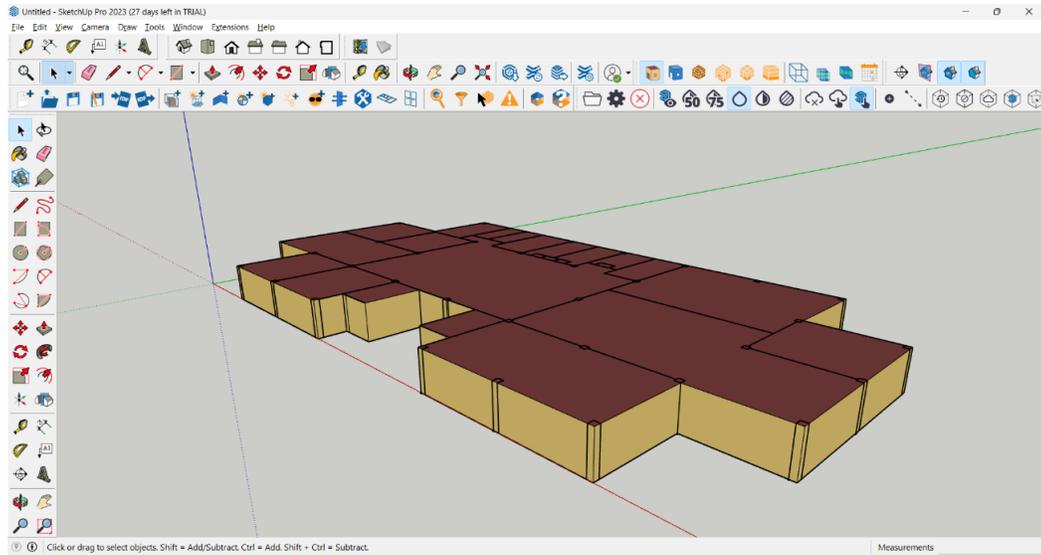


Ilustración 37 Geometría construida con las medias antes especificadas

Como podemos observar en la imagen anterior, se nos ha construido la geometría del primer nivel de nuestro edificio, siempre y cuando hayamos seguido todos los procedimientos correctamente, ahora procedemos a la construcción del segundo nivel de nuestro edificio de Biblioteca:

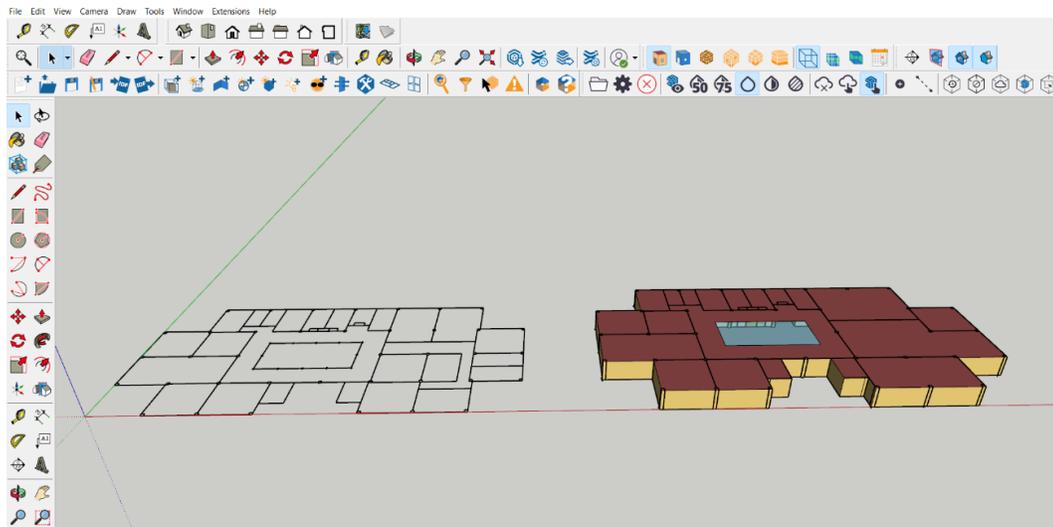


Ilustración 38 Creación de geometría del edificio Unidad Bibliotecaria de la Universidad de El Salvador FMO en Sketchup

Hacemos los mismos pasos que se hicieron para la construcción del primer nivel luego con la herramienta mover trasladamos el segundo nivel sobre el primer nivel del edificio quedándonos de la siguiente manera:

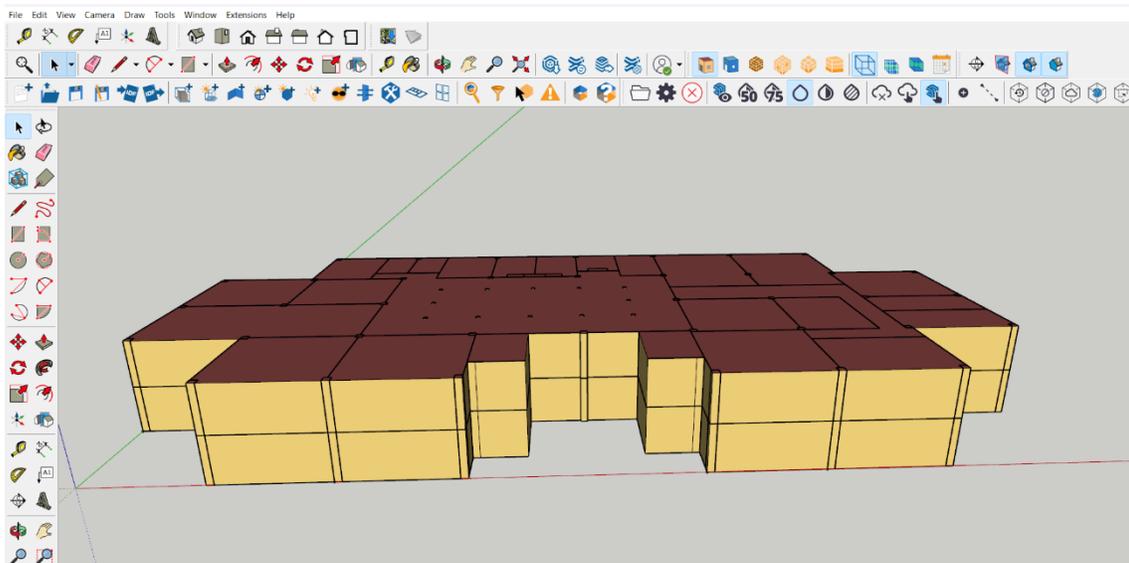


Ilustración 39 Creación de los dos niveles del edificio

Donde el color marrón representa lo que es el techo del edificio, el color amarillo representa las paredes, y color gris representa el piso del edificio, son colores que toma por defecto OpenStudio a la hora de realizar la geometría en el entorno de Sketchup.

Para diferenciar paredes interiores y exteriores debemos aplicar el comando “**Surface Matching**”  seleccionamos todo el edificio, luego damos clic en el icono antes mencionado y se nos despliega la siguiente ventana:

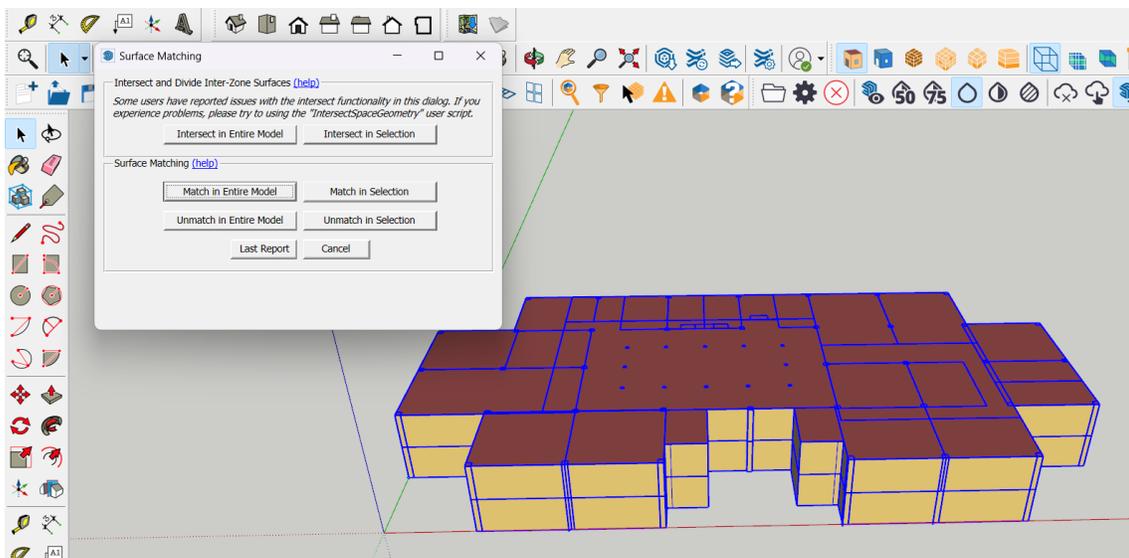


Ilustración 40 Aplicación de Surface Matching al levantamiento del edificio

Como queremos que todas nuestras superficies coincidan, le damos clic en **“Match in Entire Model”** y luego en **“OK”**

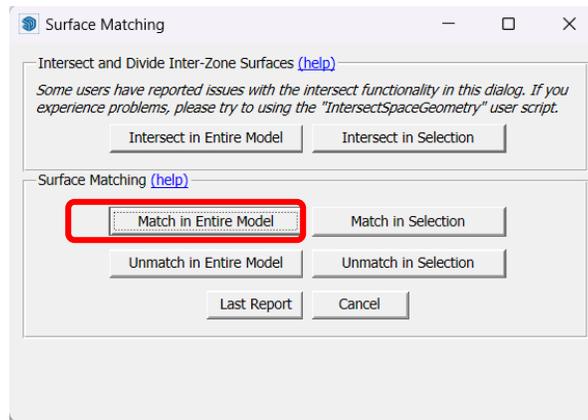


Ilustración 41 Aplicación de Surface Matching

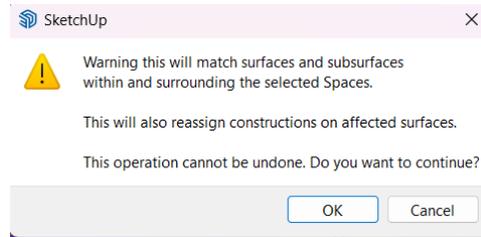


Ilustración 42 Aplicación de Surface Matching

Para poder ver que se haya aplicado bien el comando **“Surface Maching”**, damos clic en el icono **“Render By Boundary Condition”**  además activamos el incoo **“ViewModel in X-Ray Model”**  lo cual tornara de color azul todas las paredes relacionadas con paredes exteriores, y de color verde las paredes interiores como se muestra en la siguiente figura:

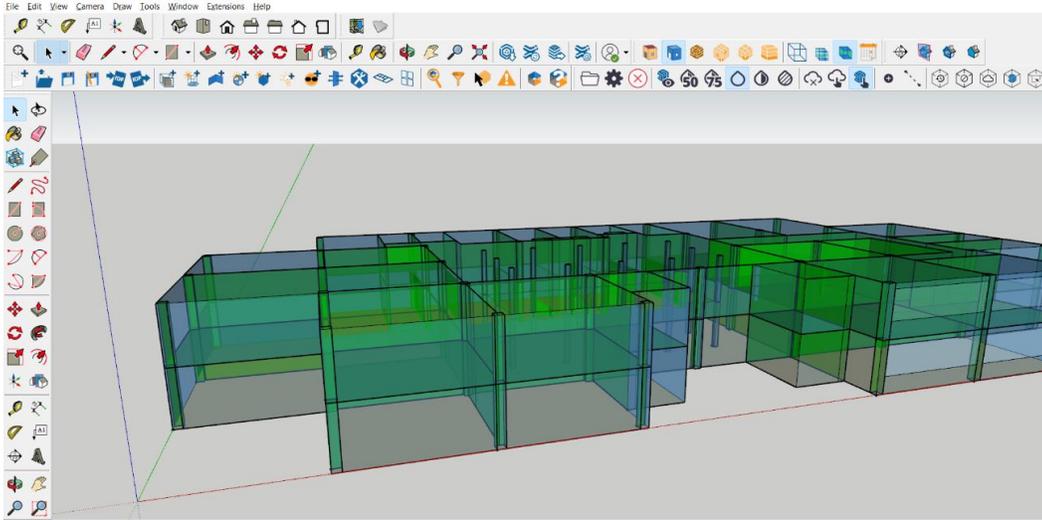


Ilustración 43 Visualización de paredes interiores de los dos niveles del edificio

Creación de subsuperficies ventanas y puertas.

Para la creación de puertas y ventanas debemos entrar a cada bloque dando doble clic sobre el bloque, de lo contrario OpenStudio no reconocerá como puerta o ventana, una vez dentro del bloque con la herramienta rectángulo podemos crear ya se la puerta o ventana, para la puerta tomar en cuenta que solo debemos dibujarla respecto al piso ya que si la dibujamos respecto a una pared el programa no reconocerá como puerta.

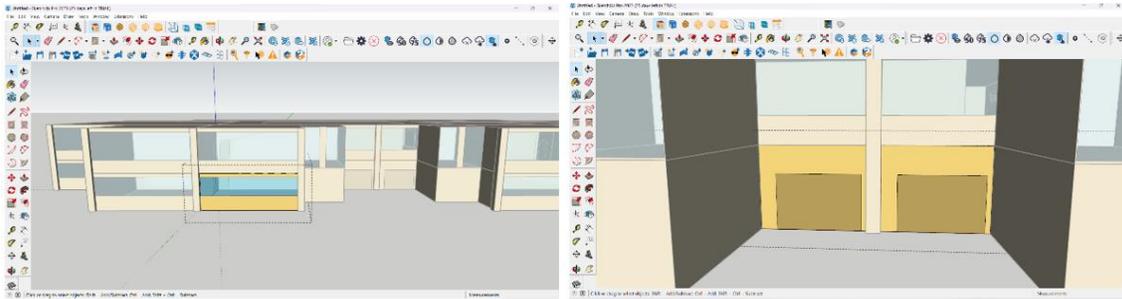
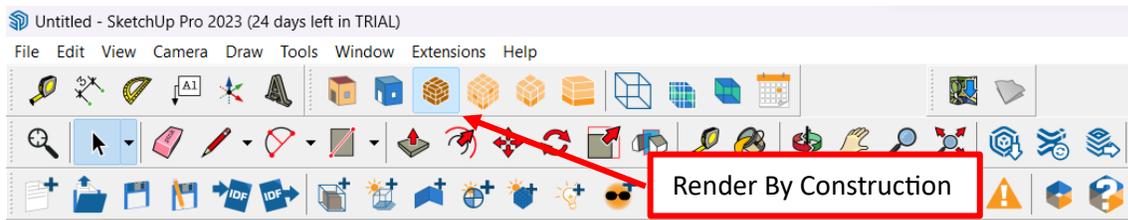


Ilustración 44 Creación de puertas y ventanas en el modelo del edificio

Render By Construction.



Este icono sirve para visualizar el tipo de construcción que se le ha asignado a cada espacio representado por diferentes colores. Para editar cada espacio damos doble clic en el espacio y luego en el icono inspector y podemos ver las propiedades de cada material de construcción.

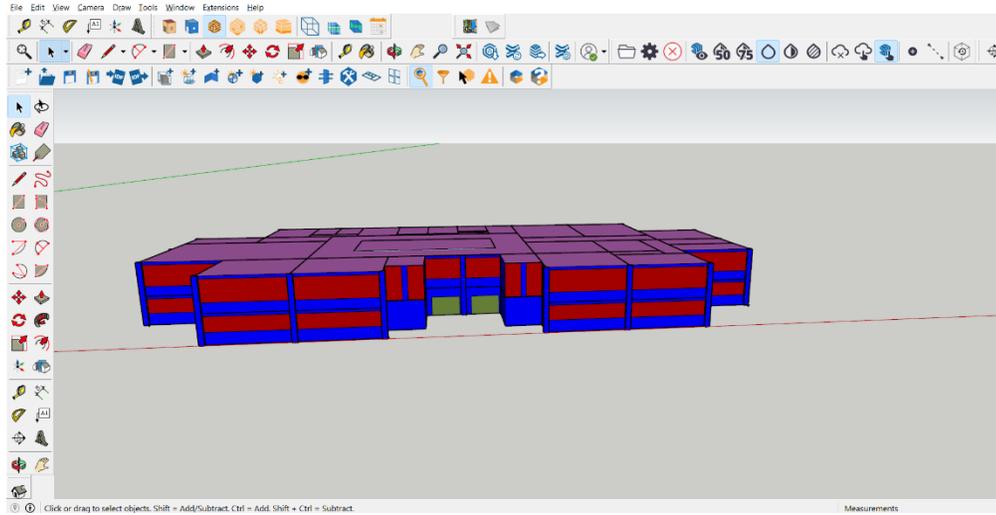


Ilustración 45 Visualización del tipo de construcción con Render By Construction

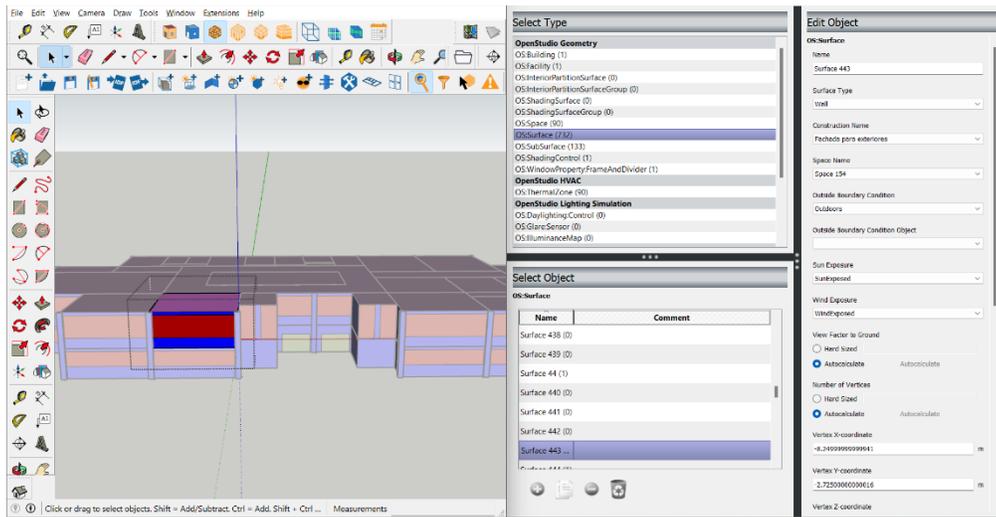
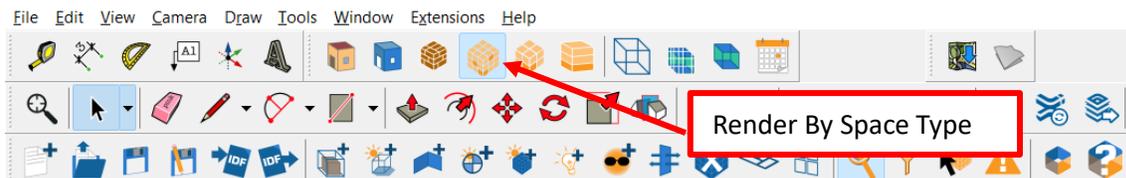


Ilustración 46 Visualización de inspector

Render By Space Type.



Con este icono podemos visualizar los tipos de espacio tomando cada espacio un color diferente, para agregar nuevos espacios seleccionamos el espacio y damos clic en el icono  “Set Attributes for Selected Space” como se muestra en la siguiente imagen:

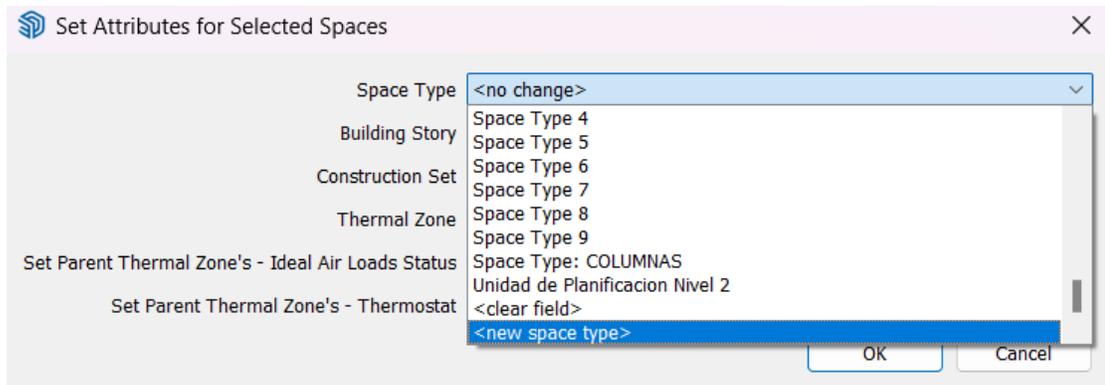


Ilustración 47 Creación de nuevos tipos de espacios

Una vez hayamos agregado un nuevo tipo de espacio, hacemos estos mismos pasos con todos los espacios de la construcción del edificio.

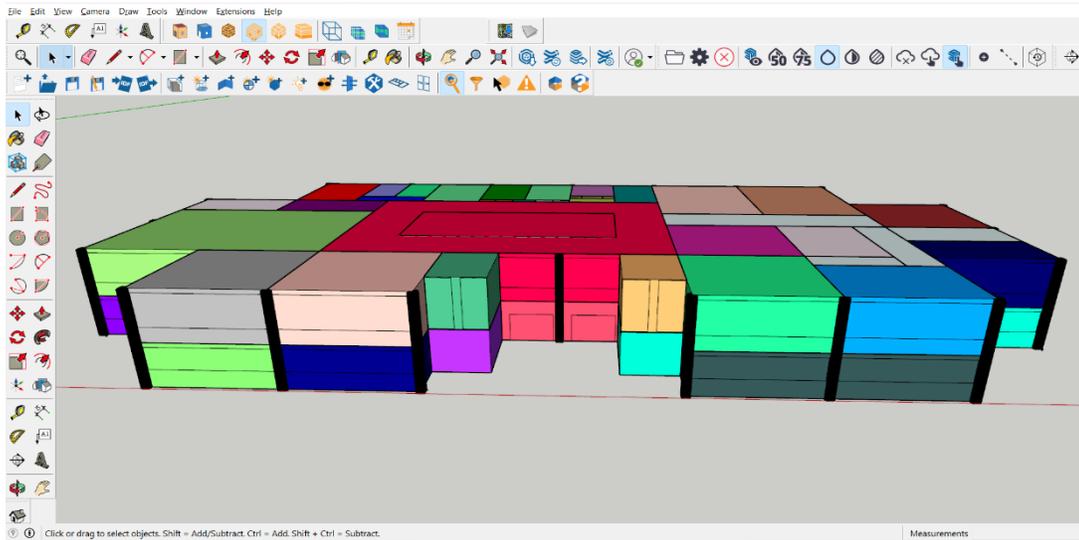
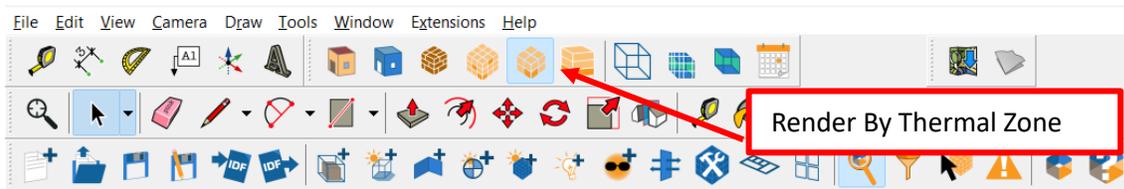


Ilustración 48 Entorno del edificio con sus tipos de espacios creados

La herramienta de renderizado por tipo de espacio representa cada espacio en función del tipo de espacio asignado. Los Space Types p tipos de espacio se utilizan para definir características comunes como cargas internas, horarios, construcciones... Por ejemplo, si se tiene en el modelo

muchas salas de oficina, se debe crear un “Tipo de espacio de oficina” para asignar a cada una de estas salas. En OpenStudio, cada una de esas salas se denomina Space. Cada espacio tipo creado en el modelo obtendrá un color que lo distinga de los demás. Por tanto, se diferenciarán los espacios por colores.

Render By Thermal Zone.



Este icono sirve para visualizar las zonas térmicas, tomando cada un diferente color, para agregar de una manera en general una zona térmica a cada espacio utilizamos el script que se muestra en la siguiente imagen:

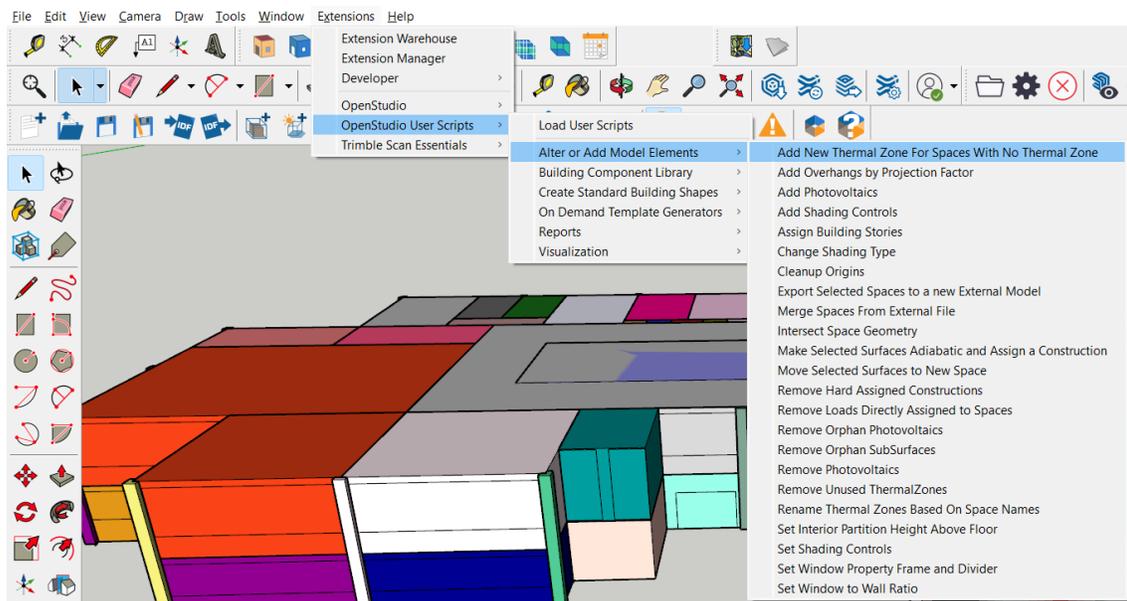
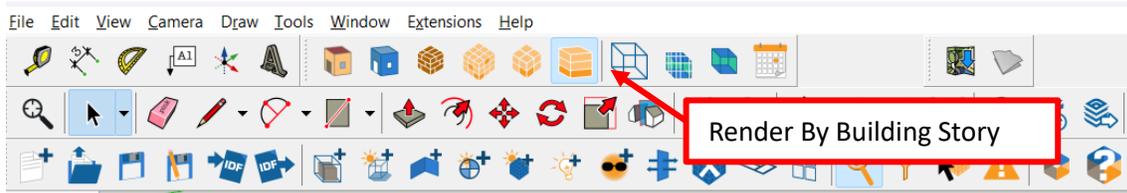


Ilustración 49 Asignación de zonas térmicas por cada espacio

La herramienta de renderizado por zona térmica representa los espacios en función de la zona térmica que se le haya asignado. Las zonas térmicas se usan para definir un volumen que se climatiza por un sistema HVAC. Si un sistema cubre varias salas, cada una de estos espacios tendrá la misma zona térmica. Las zonas térmicas pueden tener múltiples espacios, pero los espacios no pueden tener múltiples zonas térmicas.

Render By Building Story.



Con este icono podemos visualizar los diferentes niveles del edificio, en nuestro caso solo son dos niveles de construcción, tomando cada nivel su color diferente uno del otro.

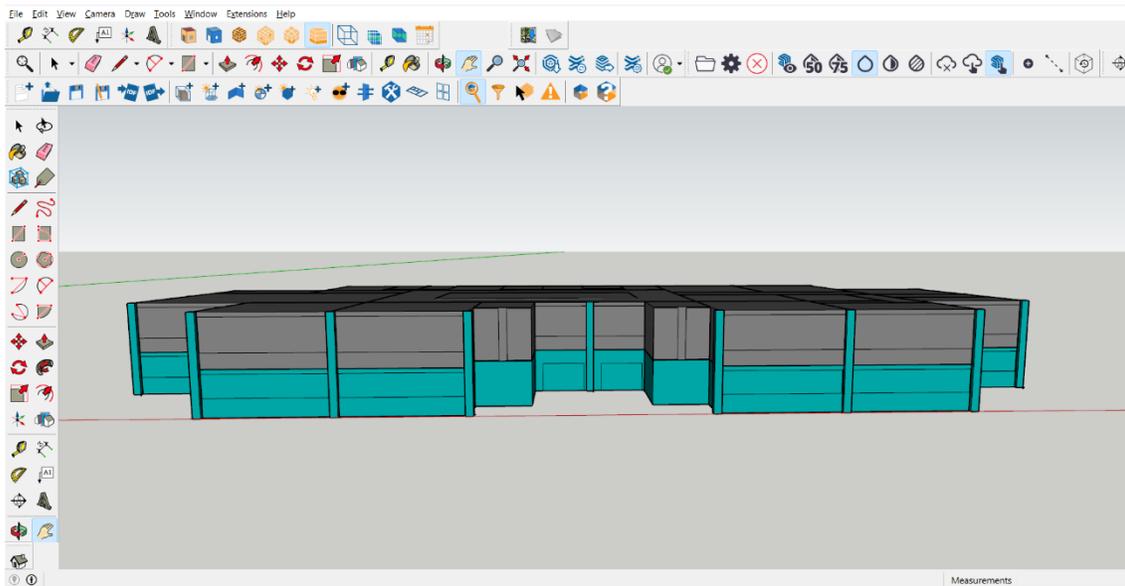


Ilustración 50 Visualización de cantidad de niveles del edificio

El renderizado por historial de planta renderiza el espacio en función de la planta asignada. Los espacios tienen un color determinado en función de la planta en la que estén. Los que se encuentran en la primera planta son de un color, mientras que los que están en la segunda planta tienen otro distinto.

Herramienta Inspector de objetos.

La herramienta inspectora de objetos de OpenStudio muestra información sobre el modelo de OpenStudio, la ventana del inspector se divide en tres áreas principales:

- Seleccionar tipo: Lista de objetos identifica cuantos objetos hay en el modelo
- Seleccionar objeto: Muestra una lista de objetos las cuales se van creando según sea el modelo de construcción

- Editar objeto: Muestra los campos de objetos seleccionados, donde podemos agregar nombre, tipo, material de construcción.

Esta herramienta es muy útil ya que con ella podemos agregar o editar los diferentes tipos de materiales y nombres a los espacios de la construcción, tal y como se muestra en la siguiente figura al seleccionar un espacio:

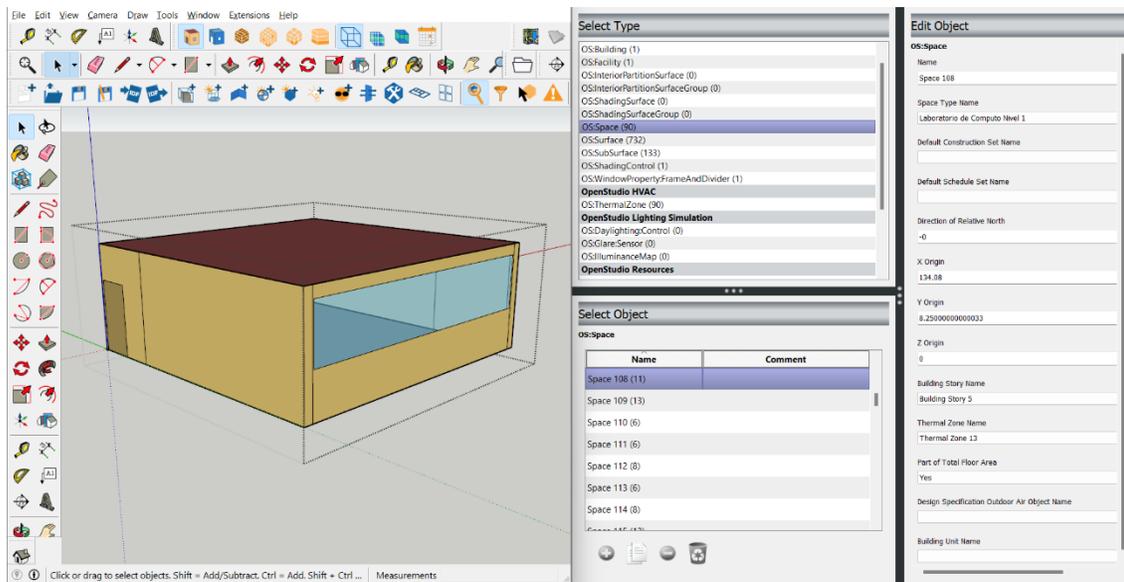


Ilustración 51 Inspector de objetos

Tal y como se ve en la figura anterior el inspector de objetos nos permite ver los atributos del espacio seleccionado.

Ahora seleccionamos una superficie, como podemos ver en la siguiente imagen, el inspector nos permite editar, nombre de superficie, tipo de superficie, espacio al que pertenece, las superficies que la rodean, si es superficie expuesta al sol, exposición al aire, estas últimas tres opciones antes mencionadas son editadas automáticamente al momento que utilizamos la herramienta “Surface Matching”

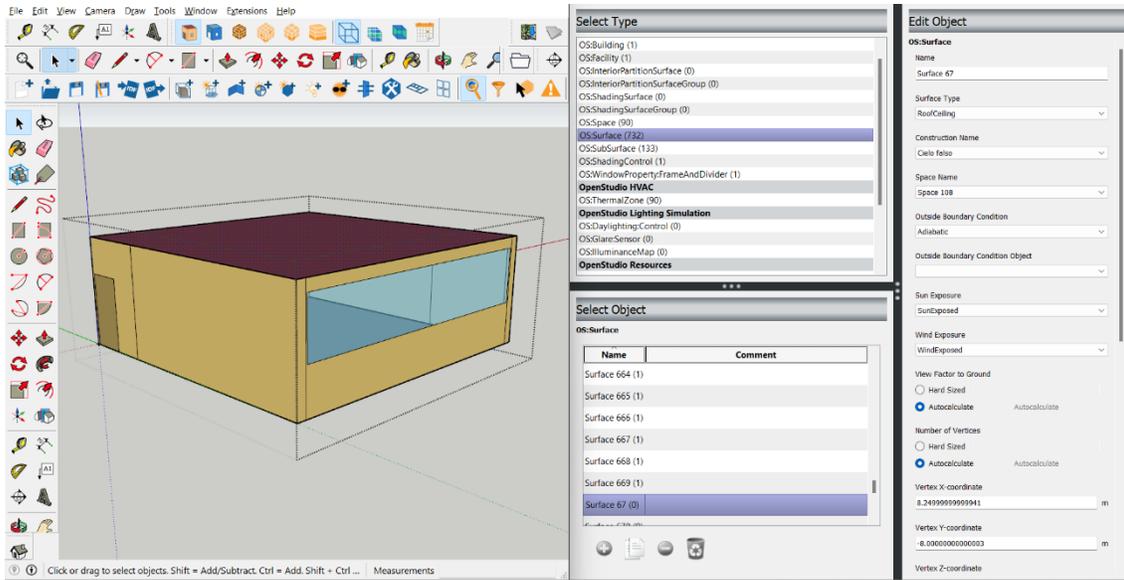


Ilustración 52 Inspector de objetos superficies y sub superficies

De la misma manera podemos seleccionar una sub superficie donde podemos visualizar y editar, tal y como se muestra en la siguiente imagen:

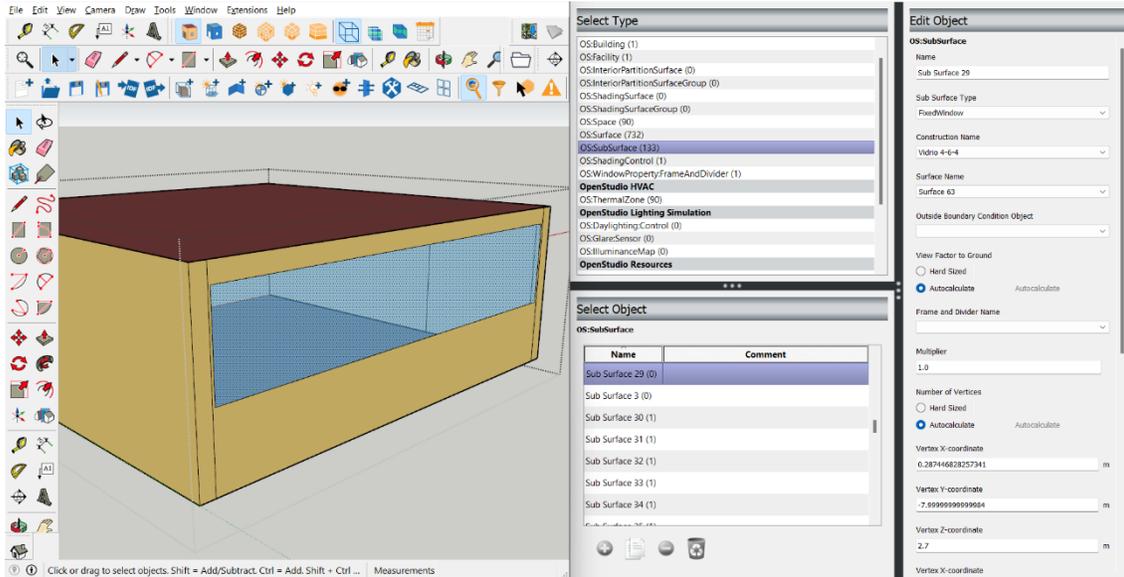


Ilustración 53 Inspector de objetos

Simulación desde OpenStudio.

Para obtener una simulación previa y visualizar que no tengamos errores ya sean de geometría constructiva, asignación de espacios, asignación de zonas térmicas y asignación de tipos de materiales de construcción, debemos seguir los siguientes pasos en OpenStudio:

Paso1:

Site.

Una vez hayamos agregado todas las zonas térmicas, tipos de espacio, materiales de construcción con las que cuenta el edificio de Unidad de Biblioteca abrimos OpenStudio desde

Sketchup lo hacemos mediante el icono



“Launch Openstudio” y se nos abrirá la

siguiente ventana:

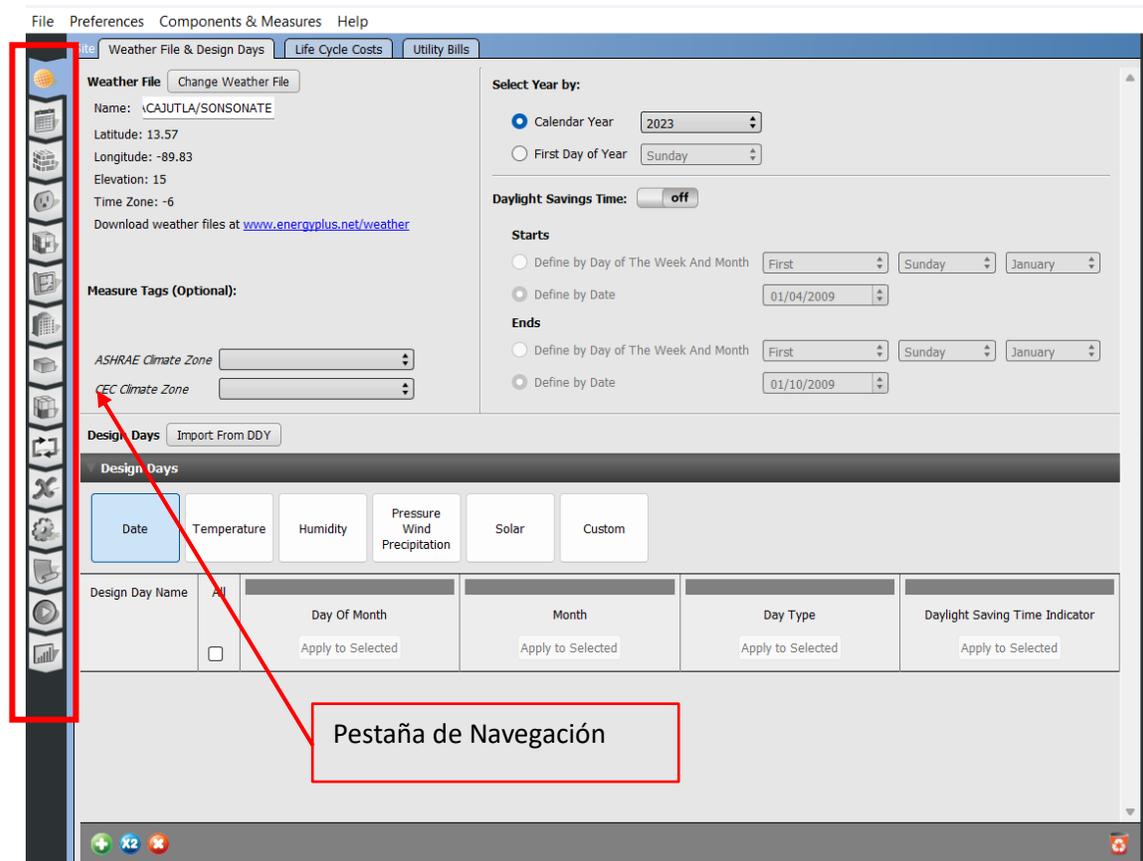


Ilustración 54 Entorno de OpenStudio, asignación de zona climatológica

El primer paso será definir el fichero climatológico para los días de diseño, esto lo descargamos desde Energy plus.

Dando clic en  y se nos abre una ventana para seleccionar el archivo antes descargado. Lo cual contiene los archivos de clima que contienen los datos de coordenadas de ubicación, elevación y zona horaria.

La ubicación de nuestro levantamiento es Cantón el Jute San Miguel el Salvador, ya que EnergyPlus no cuenta con el archivo de clima de esta ubicación, utilizaremos el archivo de clima que tiene la página: <https://climate.onebuilding.org/>, ya que esta página cuenta con archivos climáticos de varios departamentos de El Salvador utilizando el nombre: SAN MIGUEL EL PAPALON



Ilustración 55 Archivo de Clima para San Miguel

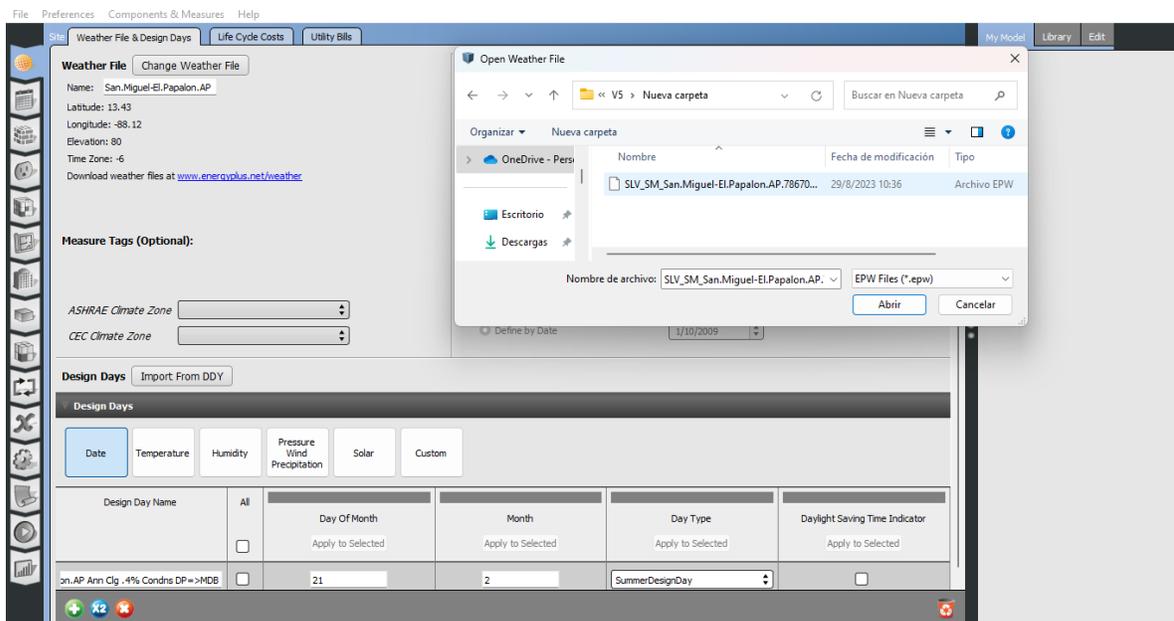


Ilustración 56 Asignación de clima

Paso 2:

Facility.

Desde esta pestaña podemos agregar los tipos de espacio desde la librería de OpenStudio, también agregar construcción predeterminada y conjuntos de horarios predeterminados.

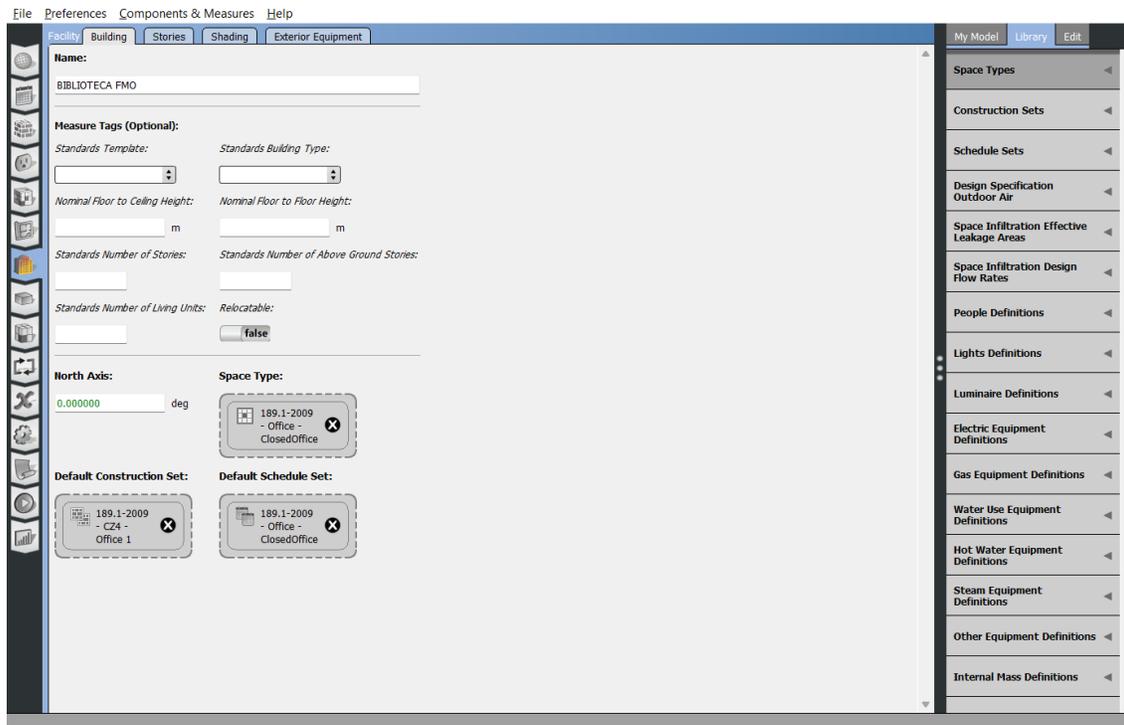


Ilustración 57 Pestaña facility, asignación de espacios desde librerías

Paso 3:

Output Variables.

Esta pestaña permite determinar que parámetros (temperatura del aire, superficies, operativas, flujos de calor de ocupación, equipos e iluminación, demandas de calefacción, refrigeración) deseamos obtener como resultados. Algunas variables que son recomendadas activar son las siguientes:

- Zone air sensible cooling Energy / Rate
- Zone air sensible cooling heating Energy / Rate
- Zone Electric equipment total heating energy
- Zone infiltration air change rate
- Zone lights total heating energy
- Zone mean air temperatura
- Zone people total heating energy
- Zone Thermostat cooling set point temperatura.

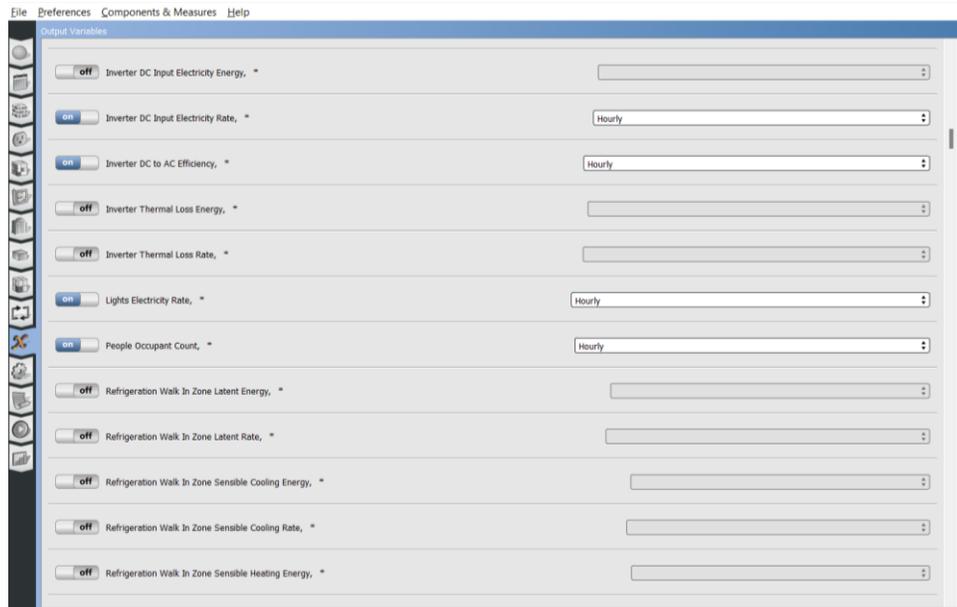


Ilustración 58 Introducción de variables de simulación

Run Simulation.

En esta pestaña es para ejecutar la simulación y visualizar el árbol de variables de archivos de salida de Energyplus.

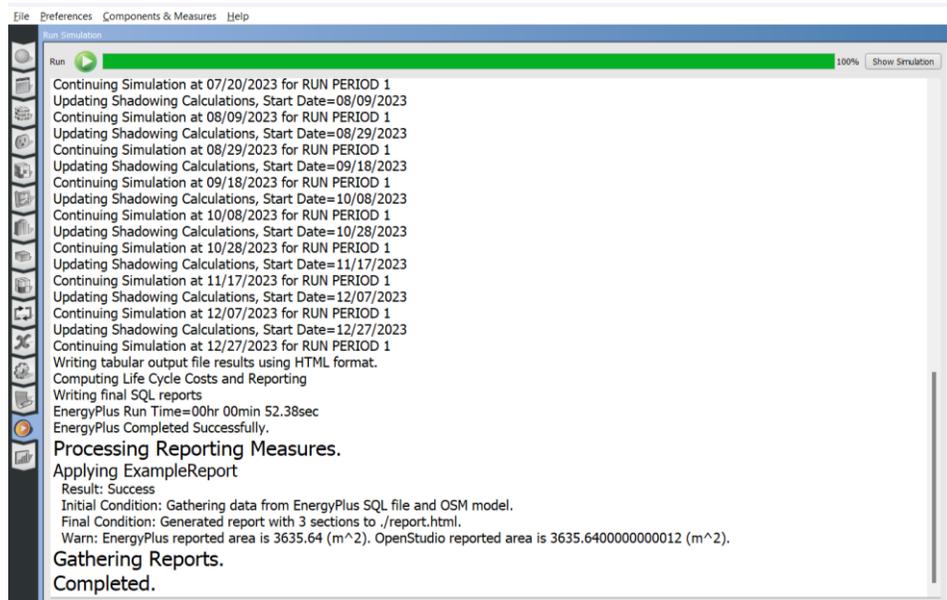


Ilustración 59 Ejecución de Simulación del edificio

Hasta aquí tenemos listo nuestro levantamiento sin errores de geometría y con asignaciones de tipos de espacios, zonas térmicas, materiales de construcción por defecto de la plantilla. Lo

que sigue será asignar horarios de ocupación, cargas eléctricas como iluminación, equipo eléctrico, cantidad de personas por espacio etc.

Horarios.

En esta opción podremos crear nuestros horarios de ocupación por cada espacio y de cada equipo eléctrico e iluminación, donde podremos crear las prioridades por cada espacio, como por ejemplo los días feriados o asuetos, vacaciones. Aquí podremos crear los horarios en que los aparatos estarán en uso.

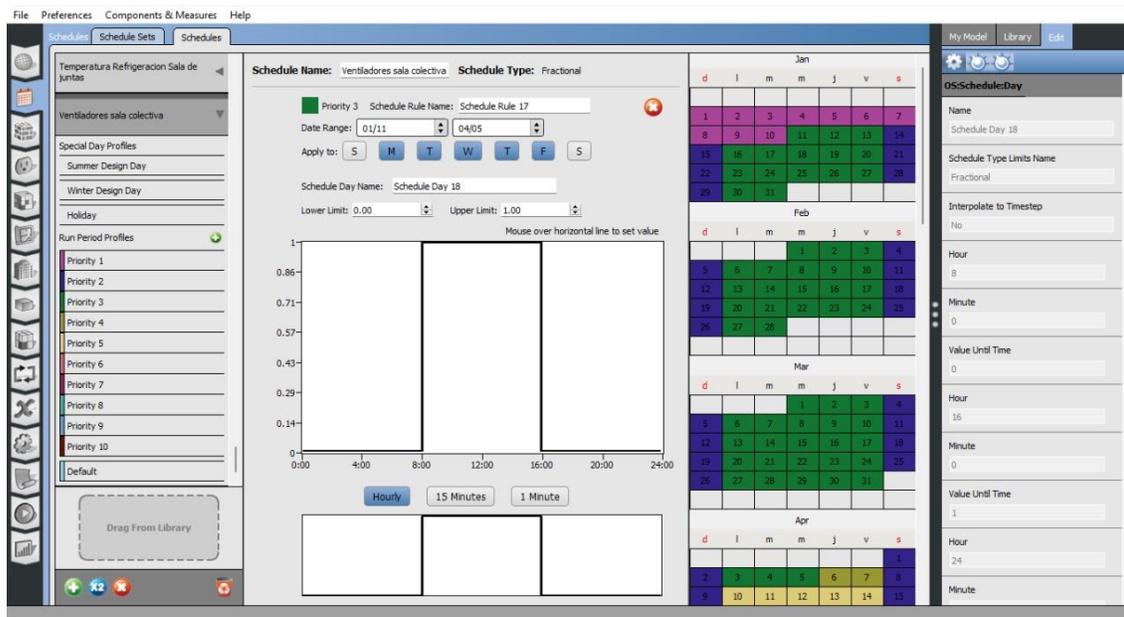


Ilustración 60 Asignación de horarios

Cargas.

En esta pestaña agregaremos todas las cargas con las que cuenta cada espacio del edificio, aquellas las cuales suplen de demanda eléctrica al igual que las personas que ocupan el espacio, como vemos seleccionamos el tipo de carga y le asignamos la potencia en watts la cual fue recolectada durante el levantamiento eléctrico del edificio.

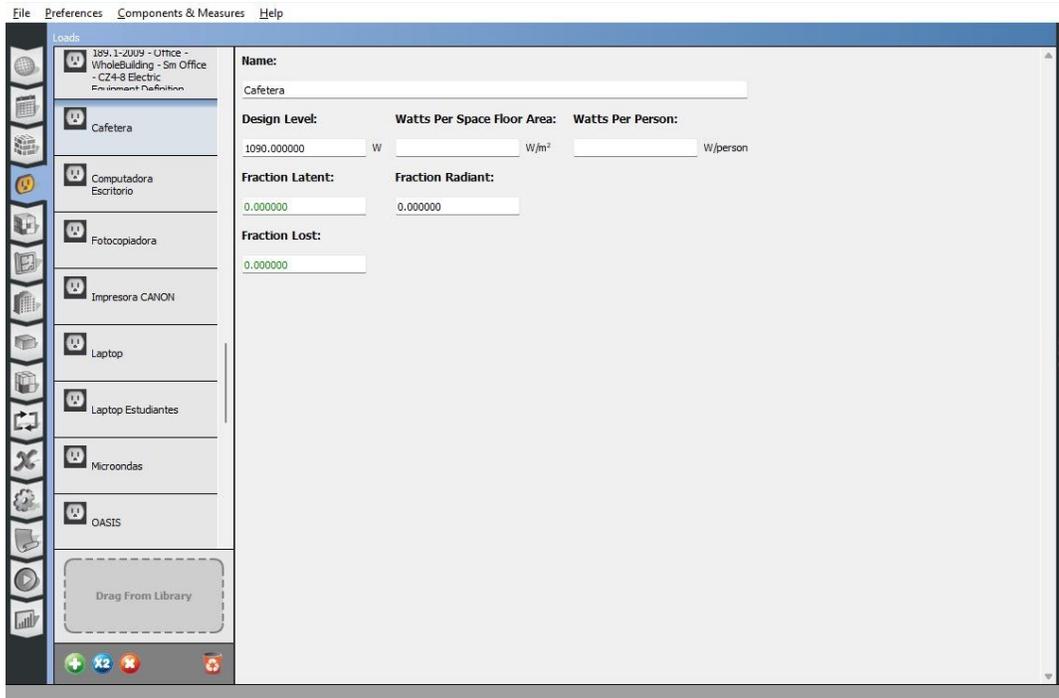


Ilustración 61 Asignación y creación de cargas eléctricas

Tipos de espacio.

Esta pestaña muestra los tipos de espacio que contiene el edificio al igual que as cargas y los horarios correspondientes.

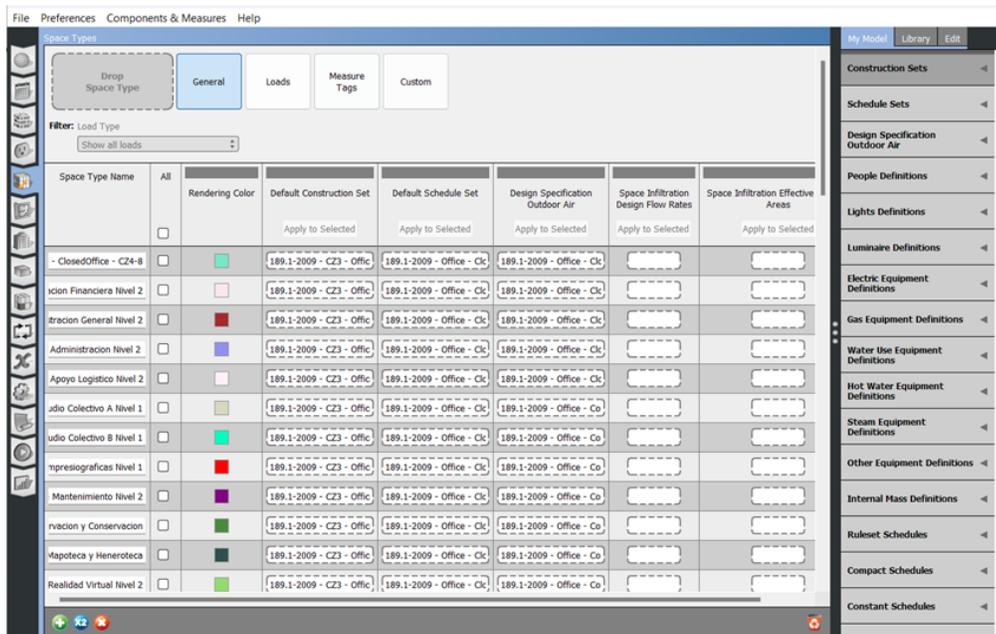


Ilustración 62 Asignación de espacios

Geometría.

En esta pestaña nos muestra el edificio en general, donde podemos verificar cada parte de geometría, ya sea paredes, puertas, ventanas techos etc.

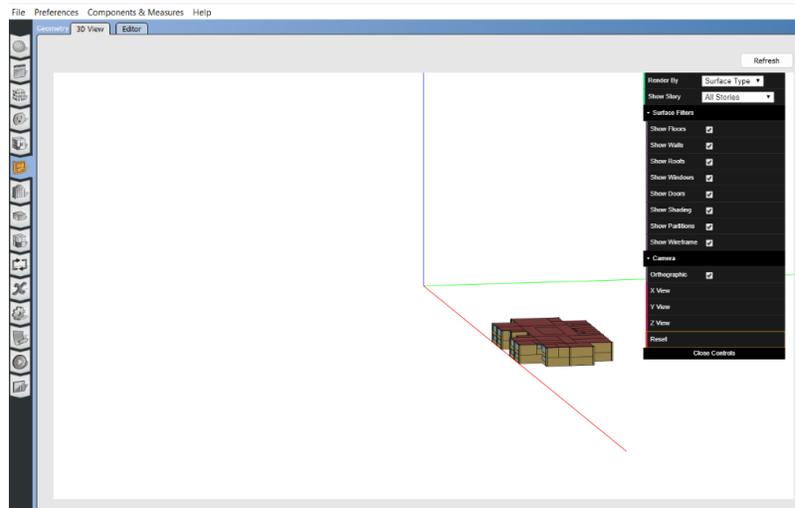


Ilustración 63 Visualización de geometría

Facility.

Aquí nos permite ingresar la plantilla base del tipo de espacio y materiales de construcción por defecto, también permite visualiza los espacios de sombras si lo hay alrededor de la construcción del edificio.

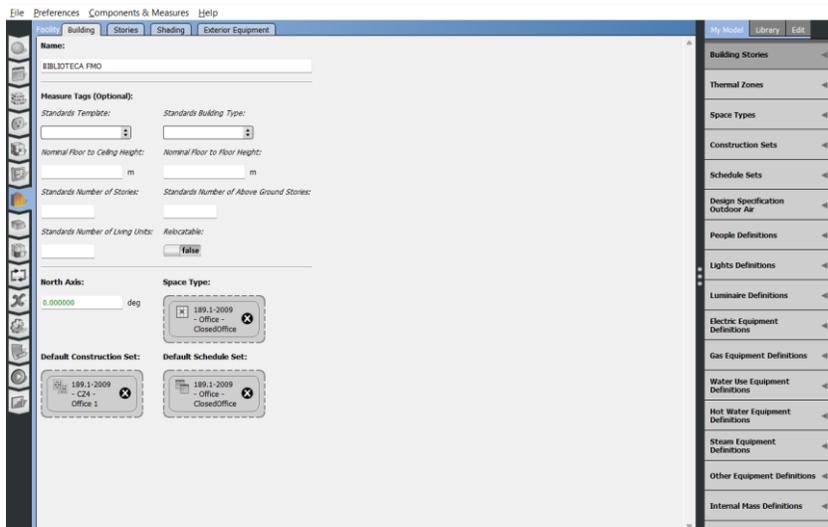


Ilustración 64 Visualización y asignación de tipos de construcción y tipos de espacios

Zonas térmicas.

Aquí en esta pestaña se puede visualizar cada una de las zonas térmicas asignadas, donde se le puede cambiar nombre según su espacio que contenga el edificio,

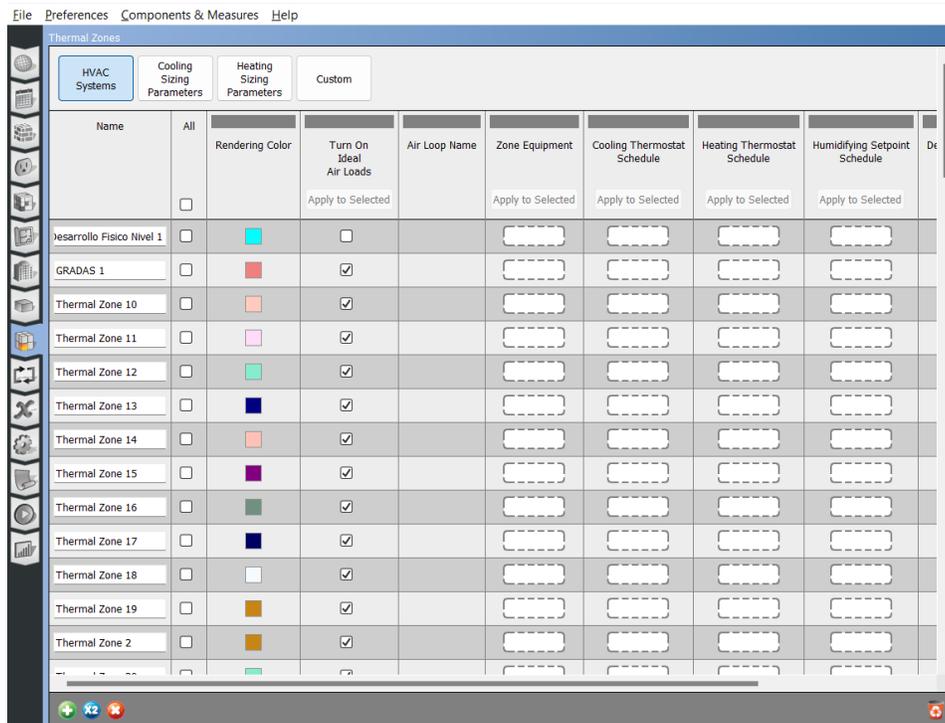


Ilustración 65 Visualización de zonas térmicas y sistema HVAC

Sistema HVAC

En esta pestaña sirve para agregar o editar los sistemas HVAC que tendrá el sistema en cada espacio del edificio.

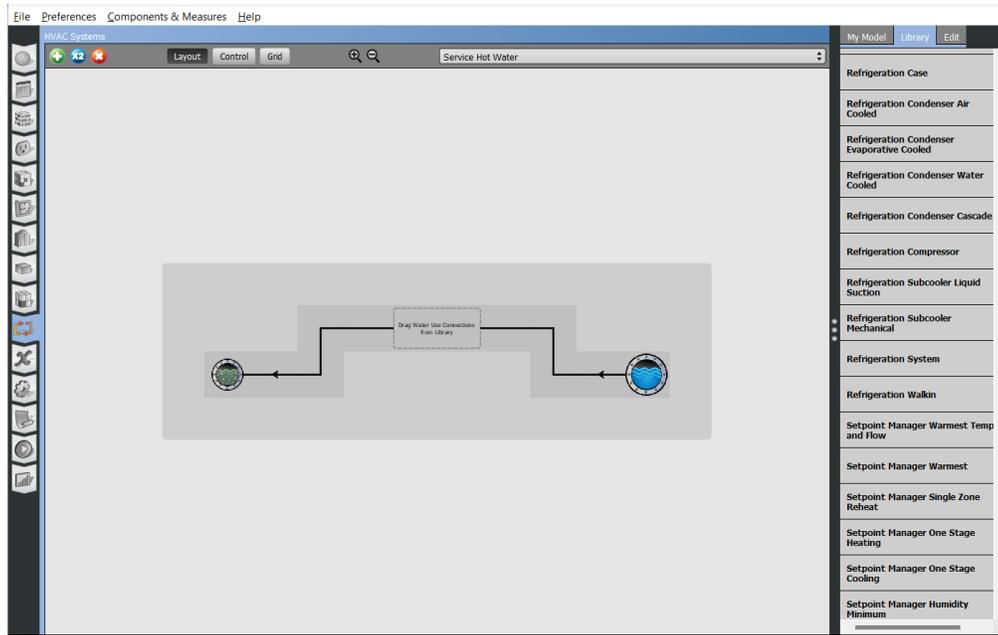


Ilustración 66 Visualización del sistema HVAC

Variables de salida.

Con esta pestaña podemos seleccionar el tipo de variables que nosotros queremos que nos simule el programa, en este caso seleccionaremos todas aquellas que impliquen consumo eléctrico, además cuenta con otras variables que serán necesarias para nuestros cálculos a la hora de simular.

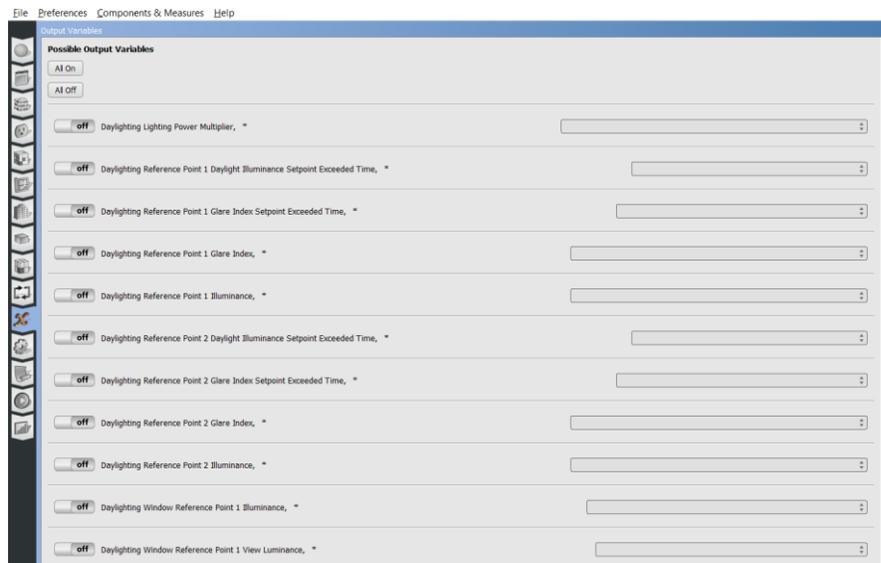


Ilustración 67 Opciones de variables de salida en simulación

Ajuste de Simulación.

Estando en esta pestaña podemos ver los parámetros de simulación podemos modificar el periodo de simulación según corresponda el tipo de simulación que llevaremos a cabo.

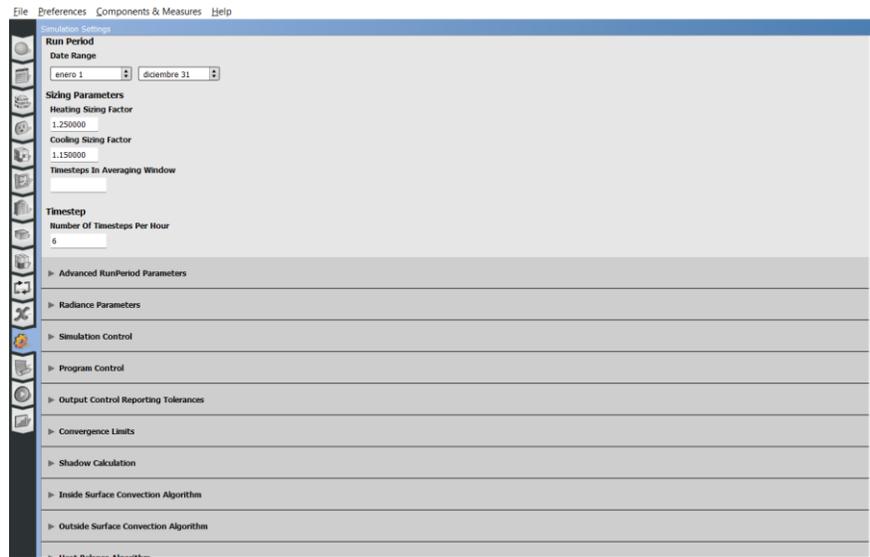


Ilustración 68 Ajuste de simulación activación y desactivación de variables

Medidas.

En este entorno de esta pestaña se crean las tablas y gráficos de la simulación es donde muestra los resultados en base a Energy Plus.

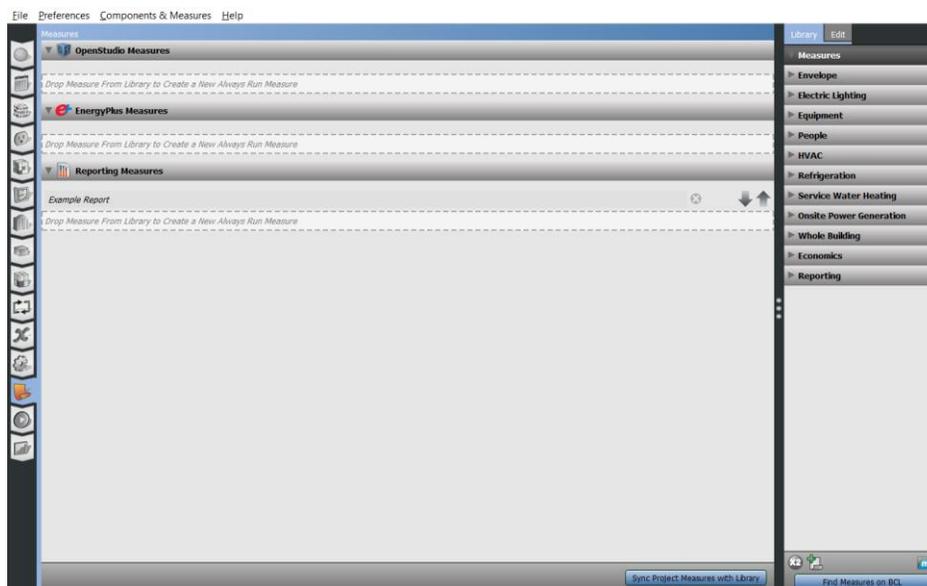


Ilustración 69 Opción de generación de resultados Energy Plus & OpenStudio

Resultados.

En esta pestaña observaremos los resultados obtenidos de la simulación, en tablas y gráficos genera una serie de reportes por Energy Plus.

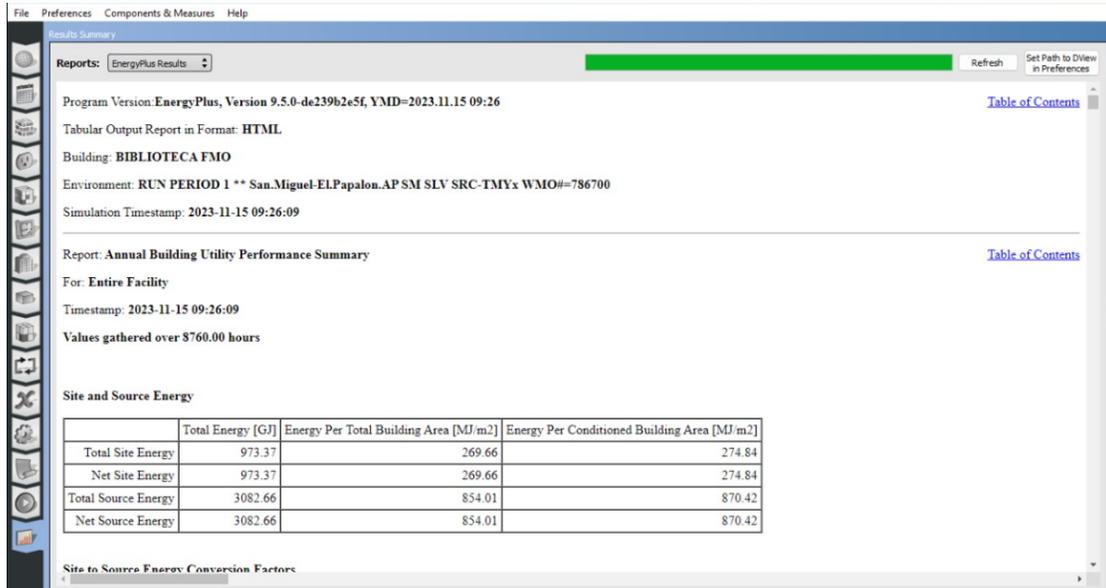


Ilustración 70 Reporte de los resultados

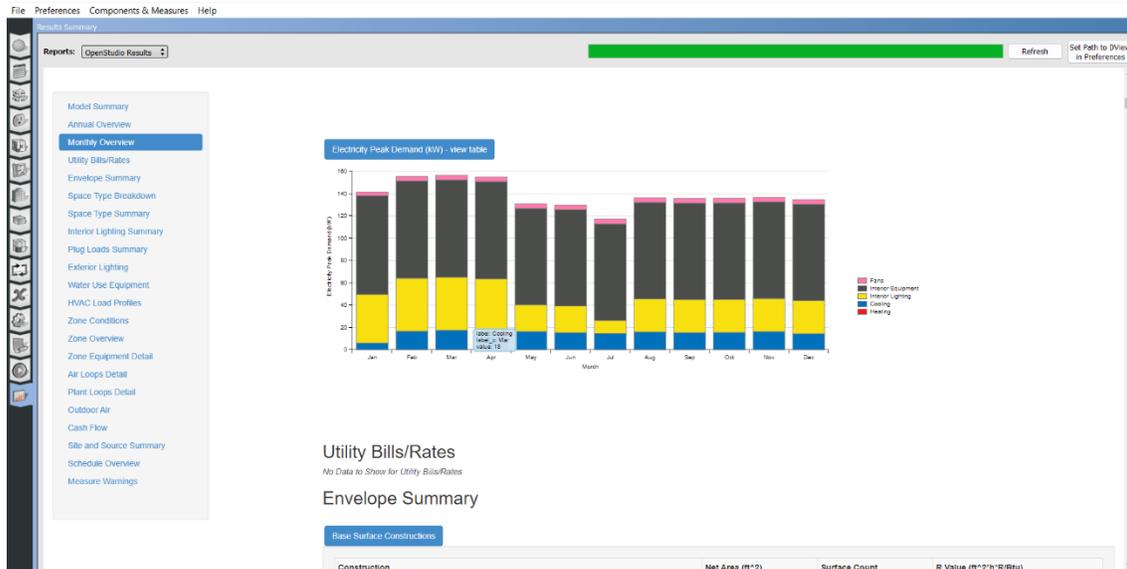


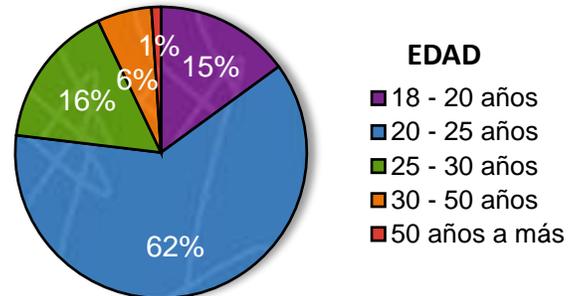
Ilustración 71 Reporte de grafico de resultados de consumo de energía

CAPITULO V Análisis e Interpretación de Resultados

5. 1 Análisis de los Resultados de Encuesta

Tabla N° 1 Edad

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|-----------------|------------|-------------|
| 18 – 20 años | 57 | 15% |
| 20 – 25 años | 236 | 62% |
| 25 – 30 años | 61 | 16% |
| 30 – 50 años | 23 | 6% |
| 50 años – a más | 4 | 1% |
| Total | 381 | 100% |

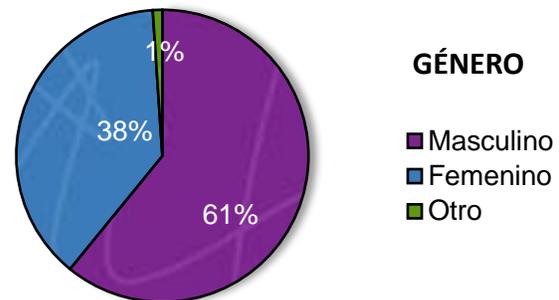


Análisis: Del 100% de los encuestados el 62% está entre las edades de 20 a 25 años, el 16% se encuentra en las edades de 25 a 30 años, el 15% son personas de 18 a 20 años, el 6% entre 30 a 50 años, y solamente el 1% entre 50 años a más.

Interpretación: Este gráfico representa que la franja etaria que más hace uso de las instalaciones del edificio de la Unidad Bibliotecaria de la Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria Oriental, ronda entre 20 a 30 años, lo que indica que la eficiencia energética del edificio se puede llegar a implementar y generar consciencia en las personas mayores de 20 años.

Tabla N°2 Género

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------|------------|-------------|
| Masculino | 232 | 61% |
| Femenino | 145 | 38% |
| Otro | 4 | 1% |
| Total | 381 | 100% |

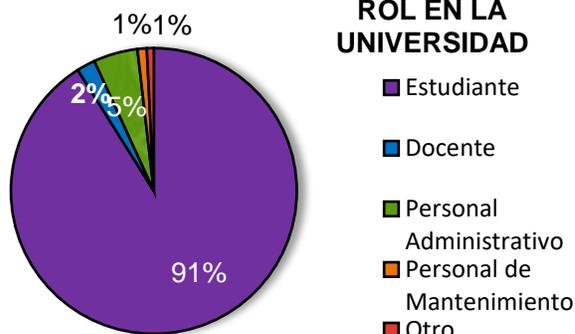


Análisis: Del 100% de los encuestados el 61% pertenece al género masculino, mientras que un 38% son del género femenino y un 1% detallo pertenecer al género no binario.

Interpretación: El género masculino fue el más numeroso a diferencia del femenino que están en minoría en este caso al realizar la encuesta, por ende, la información será diseñada de tal manera que todo aquel que pretenda colaborar con la eficiencia energética del edificio de la Unidad Bibliotecaria sea capaz de comprender.

Tabla N° 3 Rol en la Universidad

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|---------------------------|------------|-------------|
| Estudiante | 347 | 91% |
| Docente | 8 | 2 % |
| Personal Administrativo | 19 | 5 % |
| Personal de Mantenimiento | 4 | 1 % |
| Otro | 3 | 1 % |
| Total | 381 | 100% |

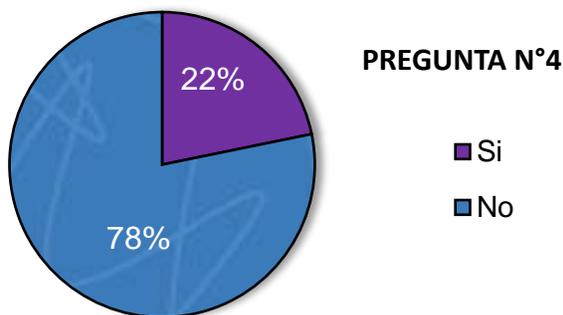


Análisis: El 91% de las personas encuestadas son estudiantes, el 5% es personal administrativo, el 2% son docentes, 1% es personal de mantenimiento y un 1% menciona ser graduado de la Universidad o visitantes familiares de los estudiantes.

Interpretación: Lo que indica que los estudiantes tienen mayor influencia y está en el Edificio de la Unidad Bibliotecaria, tomando en cuenta al personal administrativo que permanece en las instalaciones, en horarios establecidos.

Tabla N° 4 ¿Tiene usted conocimiento acerca de la Norma ISO 50001?

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------|------------|--------------|
| Si | 83 | 22% |
| No | 298 | 78% |
| Total | 381 | 100 % |



Análisis: Del 100% de los encuestados un 78% No tiene conocimiento acerca de la Norma ISO 50001 y un 22% respondió que, Si conoce la Norma, esto nos indica que existe una deficiencia de conocimiento acerca de las normas ISO.

Interpretación: Tenemos que el 22% si conoce de la norma ISO 50001 lo que representa una minoría de los encuestados, por ende, se debe incentivar ya sea a los estudiantes y docentes con

charlas informativas sobre el sistema de ahorro energético con la aplicación de la norma ISO 50001.

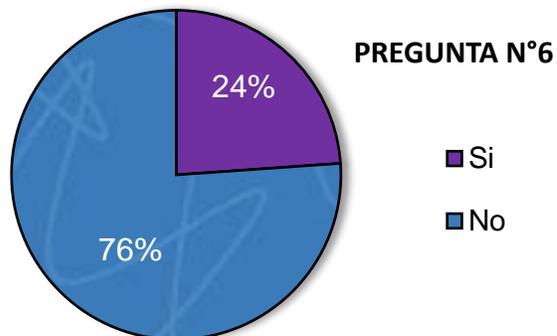
Tabla N° 5 Si su respuesta es SI. ¿Qué conoce sobre la Norma ISO 50001?

| RESPUESTAS |
|--|
| “Es una organización internacional de normalización, para gestión de la energía en cualquier rubro” |
| “Es una norma que gestiona la energía y su consumo” |
| “Trata sobre la eficiencia energética y como se puede emplear de manera practica en una organización” |
| “Se trata sobre control de calidad” |
| “Norma de Gestión de sistemas integrados de energía” |
| “Que es una norma que promueve el uso correcto de la eficiencia energética y los sistemas de gestión energéticos” |
| “Su objetivo en disminuir considerablemente las emisiones de gases de efecto invernadero y ayudar al medio ambiente” |
| “Que es un sistema de gestión de energía que ayuda a regular el consumo de energía aplicando eficiencia energética.” |
| “Prácticamente es gestionar la energía de la mejor forma.” |
| “Es una norma de gestión de energía que busca optimizar procesos y disminuir costos” |

Análisis: De acuerdo a las respuestas obtenidas mediante la encuesta, se concluye que, si se tiene un concepto básico acerca de la Norma ISO 50001, indicándonos que la mayoría de los que tienen dicho conocimiento pertenecen a la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Tabla N°6 ¿Sabe usted que es un Sistema de Gestión Energético?

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------|------------|--------------|
| Si | 91 | 24% |
| No | 290 | 76% |
| Total | 381 | 100 % |



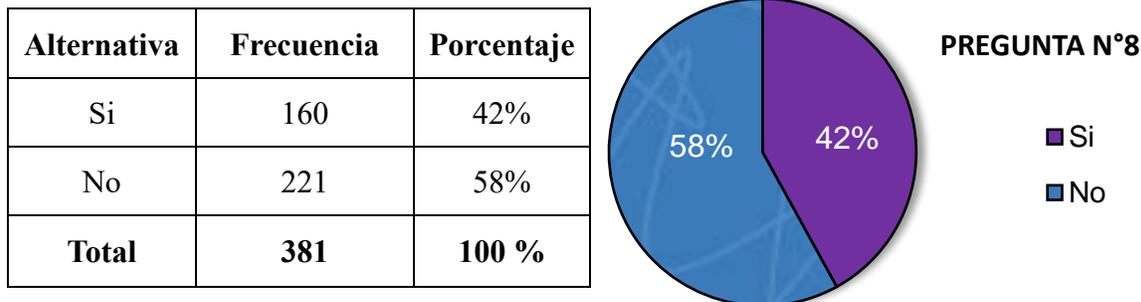
Análisis: Del 100% de las personas encuestadas, el 76% respondió que No sabe lo que es un sistema de gestión energético y un 24% Si conoce acerca de un sistema de gestión energético.

Interpretación: Es sumamente importante que la sociedad universitaria e incluso todas las personas comprendan sobre la gestión energética y como esta puede ayudar a reducir el consumo de energía, contaminación de CO2 y en su economía. Se pueden realizar campañas de concientización y educación empezando desde las escuelas, universidades y comunidades.

Tabla N°7 Si su respuesta es Si. ¿Qué conoce sobre un Sistema de Gestión Energético?

| RESPUESTAS |
|--|
| “Nos ayuda a buscar estrategias para hacer políticas dentro de una organización para ayudar a cumplir las normas de la organización y de la norma para una mejor EFICIENCIA energía” |
| “Son las acciones que regulan de manera positiva la energía” |
| “Son acciones y procesos que buscan optimizar el consumo energético” |
| “Es la forma en cómo se gestiona la energía con el objetivo de maximizar y optimizar el consumo de energía en una organización” |
| “El SGE es un sistema de monitoreo así mismo es un conjunto de elementos que interactúan en una organización o empresa para alcanzar un objetivo energético” |
| “Es una herramienta para la empresa que permite la implementación o desarrollo de una política energética” |
| “Que son un conjunto de elementos con el fin de mejorar el desempeño de la energía en este caso en el edificio” |
| “Es un sistema en la cual su objetivo es asistir el rendimiento de energía” |
| “Es un sistema de herramientas para supervisar, controlar y optimizar el rendimiento de la generación y/o transmisión del servicio” |
| “Es un conjunto de acciones implementadas para mejorar el desempeño energético, reducir el consumo de energía” |

Análisis: De acuerdo con los resultados se tiene que la mayoría de los encuestados no tienen conocimiento de lo que es un sistema de gestión energético, mientras la minoría del 26% tienen un buen concepto de lo que trata y como se podría implementar un sistema de gestión, que sería la base para obtener resultados en la buena práctica de eficiencia energética.

Tabla N°8 ¿Tiene usted conocimiento acerca de la Eficiencia Energética?

Análisis: El 58% de las personas encuestadas No tienen conocimiento acerca de la Eficiencia Energética y un 42% Si conocen lo que es la Eficiencia Energética. Esto indica que más de la mitad de los encuestados no tienen conocimiento de cómo obtener resultados utilizando métodos de eficiencia energética.

Interpretación: Gestionar con empresas que cuentan con experiencia en eficiencia energética y las estén implementando, para dar incentivos y programas a las personas universitarias y docentes administrativos.

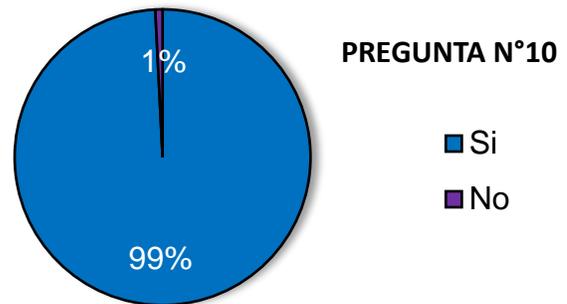
Tabla N° 9 Si su respuesta es SI, ¿Qué conoce sobre la Eficiencia Energético?

| RESPUESTAS |
|---|
| “Es reducir un mayor consumo de energía sin afectar la producción” |
| “Es la relación entre la energía suministrada y la energía aprovechada en una máquina, pues siempre hay energía que se pierde en todos los procesos y no se puede aprovechar” |
| “Se encarga de buscar estrategias que nos ayuden mediante medidas al reducir el consumo energético sin perjudicar nuestro nivel o calidad de vida” |
| “Es la capacidad de reducir costos energéticos sin perder productividad” |
| “Son conjuntos de acciones que permiten mejorar la relación entre cantidad de energía consumida y los productos y los servicios” |
| “La eficiencia energética hace referencia a la reducción del consumo de electricidad, pero sin perder el confort” |
| “La eficiencia se trata de hacer un mismo trabajo con menos recursos, pero con los mismos resultados anteriores, aplicándolo en la energía es consumir menor energía haciendo los mismos procesos y a si ves reduciendo el impacto climático” |
| “Es una forma de ahorrar costos y ayudar al medio ambiente con respecto a la electricidad” |
| “Es la forma más eficaz, adecuada y productiva de utilizar el recurso energético, teniendo la mayor efectividad con el menor consumo” |
| “Es la búsqueda de cubrir las mismas necesidades energéticas con requerimientos menores” |

Análisis: Las respuestas que dieron los 42% son acertadas en lo que es para explicar lo que es la eficiencia energética

Tabla N°10 ¿Considera importante concientizar a la población estudiantil sobre la Eficiencia Energética y el Ahorro Energético?

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------|------------|--------------|
| Si | 378 | 99% |
| No | 3 | 1% |
| Total | 381 | 100 % |

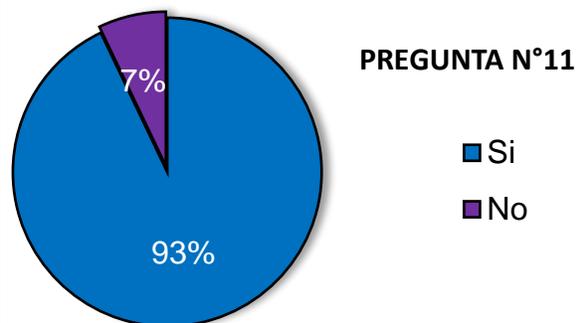


Análisis: De acuerdo a la gráfica anterior el 99% si considera importante concientizar a la población estudiantil sobre la Eficiencia Energética y el Ahorro Energético; y un 1% No lo considera importante.

Interpretación: Como se trató la interpretación de la pregunta #8, los encuestados están más que seguros de que deben generarse programas, incentivos, gestiones con empresas que apliquen la eficiencia para una mayor educación de ahorro energético del edificio.

Tabla N°11 ¿Considera usted que los docentes son un factor fundamental para el desarrollo de un programa de eficiencia en el consumo de energía del edificio?

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------|------------|--------------|
| Si | 354 | 93% |
| No | 27 | 7% |
| Total | 381 | 100 % |

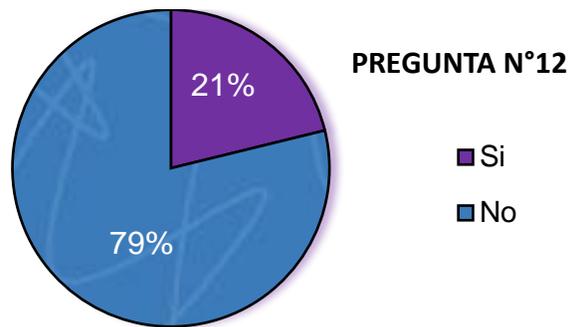


Análisis: Del 100% de los encuestados un 93% considera que SI, los docentes son un factor fundamental para el desarrollo de un programa de eficiencia energética en el consumo de energía del edificio y un 7% NO considera que los docentes sean un factor fundamental.

Interpretación: Formar charlas y capacitaciones a los docentes administrativos sobre gestiones de ahorro energético para que ellos incentiven a sus estudiantes a una mejor educación sobre ahorro energético.

Tabla N°12 ¿Dentro del edificio ha visto acciones relacionadas con la eficiencia energética?

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------|------------|--------------|
| Si | 80 | 21% |
| No | 301 | 79% |
| Total | 381 | 100 % |

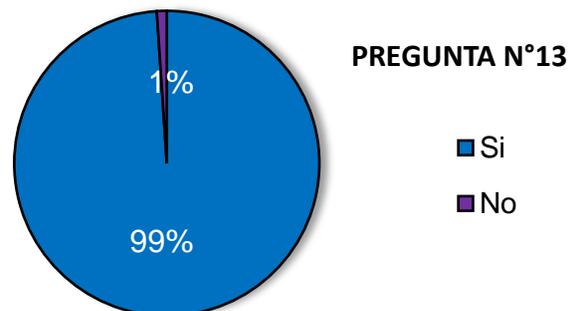


Análisis: De acuerdo a la gráfica anterior se observa que un 79% de los encuestados NO ha visto acciones relacionadas con la eficiencia energética y 21% SI ha visto acciones relacionadas a la eficiencia energética.

Interpretación: Desarrollar campañas sobre la importancia que tiene una acción de ahorro energético, pegar rótulos informativos para incentivar y educar a la población universitaria (revisar anexos rótulos informativos hechos).

Tabla N° 13 ¿Cree usted que es importante aplicar un sistema de gestión energética en el edificio de Unidad Bibliotecaria?

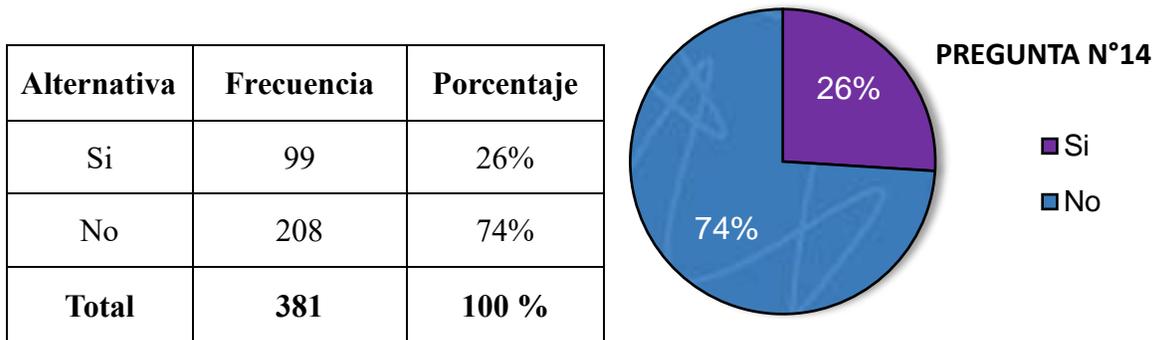
| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------|------------|--------------|
| Si | 377 | 99% |
| No | 4 | 1% |
| Total | 381 | 100 % |



Análisis: Del 100% de los encuestados un 99% cree que es importante aplicar un sistema de gestión energético en el edificio a pesar que en la **pregunta 3** se preguntó si se tenía conocimiento acerca del concepto de sistema de gestión energético por lo que se tiene un poco de dudas sobre los resultados, podría asumirse que los encuestados creen como beneficio la implementación del sistema de gestión en el edificio, el 1% contesto que no es importante la implementación del sistema de gestión.

Interpretación: La importancia de implementar un sistema de gestión energética en el edificio implicaría primeramente orientar a los ocupantes del edificio, brindarles información de como estarían contribuyendo con una mejor eficiencia para el edificio, desarrollar charlas informativas y como actuar ante un caso de ahorro de energía.

Tabla N° 14 ¿Considera que en el edificio de la Unidad Bibliotecaria se toman las medidas necesarias para llevar un buen ahorro energético?



Análisis: En el gráfico anterior podemos preciar que del 100% de los encuestados el 74% No consideran que en el edificio de la Unidad Bibliotecaria se tomen medidas para llevar un buen ahorro energético y un 26% si considera que se toman medidas de ahorro energético en el edificio.

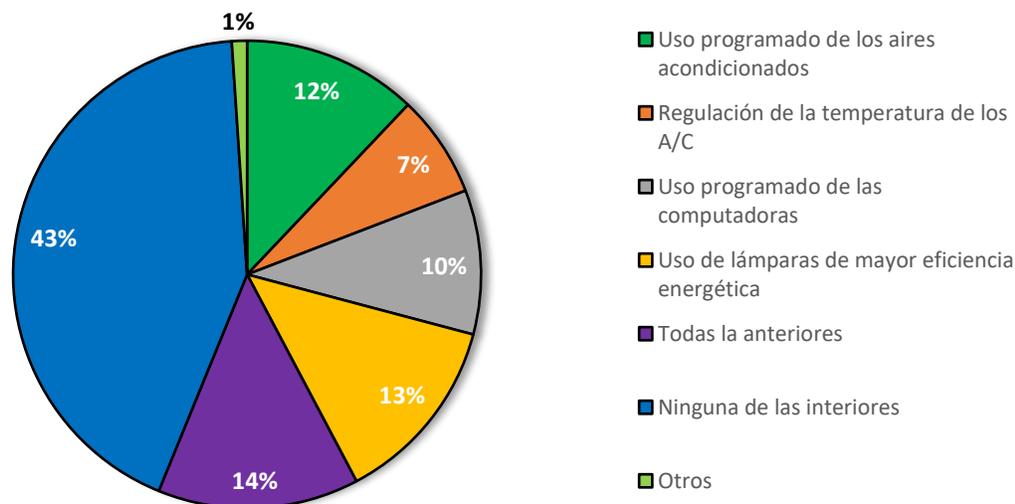
Interpretación: Se debe educar a las personas mediante charlas, que a diario utilizan las instalaciones del edificio que es de suma importancia tomar en cuenta las siguientes acciones para un mejor ahorro energético, por ejemplo desconectar los dispositivos que no estén utilizando y hacerles saber que esto puede ayudar ahorrar hasta un 5% de electricidad, al igual

que apagar la luz cuando no sea necesario utilizar iluminación artificial, ajustar termostato del AA, usar electrodomésticos eficientes.

Tabla N°15 ¿Qué medidas conoce usted que se implementan en este edificio?

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|--|------------|--------------|
| Uso programado de los aires acondicionados | 46 | 12% |
| Regulación de la temperatura de los A/C | 27 | 7% |
| Uso programado de las computadoras | 38 | 10% |
| Uso de lámparas de mayor eficiencia energética | 50 | 13% |
| Todas la anteriores | 53 | 14% |
| Ninguna de las interiores | 163 | 43% |
| Otros | 4 | 1% |
| Total | 381 | 100 % |

PREGUNTA N°15



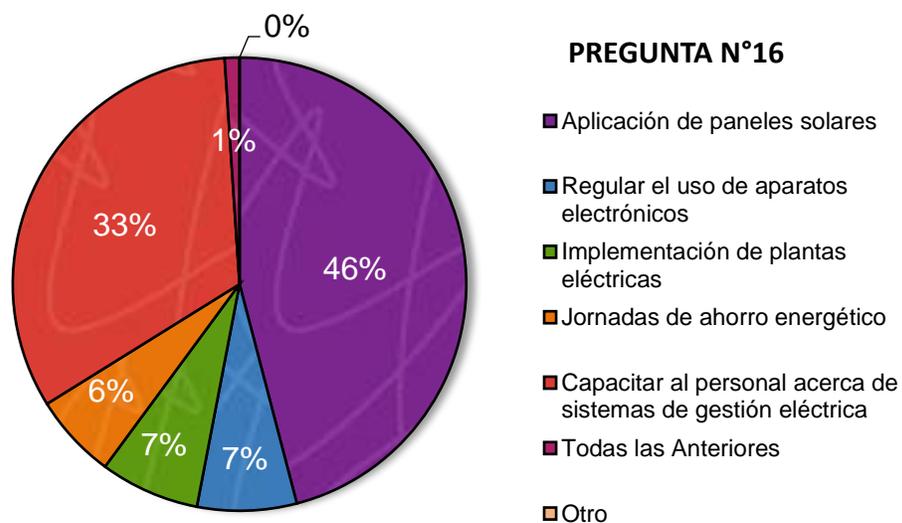
Análisis: Del 100% de los encuestados, La mayoría con 43% no aplican medidas de ahorro energético establecidos en los ítems con respecto al uso eficiente de elementos de consumo eléctricos ya instalados en las diversas aulas, y un 1% respondió que en el edificio de la Unidad

Bibliotecaria existe tragaluz para sustituir la luz artificial, y otro usuario respondió que no tiene conocimiento sobre las medidas de ahorro que se apliquen en el edificio.

Interpretación: Desarrollar un listado de medidas de como contribuir con el ahorro energético del edificio, como implementarlas, distribuir plan fletes o fichas técnicas.

Tabla N°16 ¿Qué medidas piensa usted que se puede implementar para una mayor eficiencia energética en el edificio de la Unidad Bibliotecaria?

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|---|------------|-------------|
| Aplicación de paneles solares | 175 | 46% |
| Regular el uso de aparatos electrónicos | 27 | 7% |
| Implementación de plantas eléctricas | 27 | 7% |
| Jornadas de ahorro energético | 23 | 6% |
| Capacitar al personal acerca de sistemas de gestión eléctrica | 125 | 33% |
| Todas las anteriores | 4 | 1% |
| Otro | 0 | 0% |
| Total | 381 | 100% |

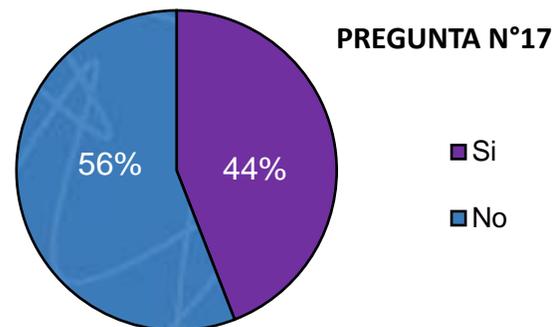


Análisis: Del 100% de las personas encuestadas un 46% considera que se debería de implementar paneles solares para obtener una mayor eficiencia del edificio de la Unidad Bibliotecaria, un 33% opina que lo ideal sería capacitar al personal acerca de sistemas de gestión energético y un 6% respondió que deberían realizar jornadas de ahorro energéticos.

Interpretación: Diseñar un sistema fotovoltaico para el edificio de unidad bibliotecaria de la universidad de El Salvador FMO, ya sea para una reducción de la facturación eléctrica del 60% u 80%.

Tabla N°17 ¿Contribuye usted con el ahorro energético del edificio? Si su respuesta es No, omite la pregunta 18.

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------|------------|--------------|
| Si | 168 | 44% |
| No | 56 | 56% |
| Total | 381 | 100 % |

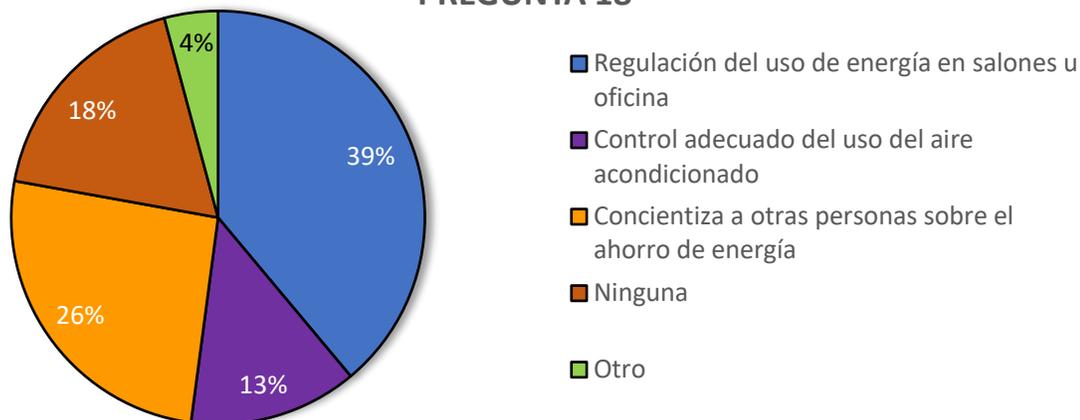


Análisis: Del 100% de los encuestados un 56% respondió que No contribuye con el ahorro energético del edificio de la unidad Bibliotecaria y un 44% opina que si contribuye con el ahorro energético.

Tabla N°18 ¿Qué medidas implementa?

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|---|------------|-------------|
| Regulación del uso de energía en salones u oficina | 65 | 39% |
| Control adecuado del uso del aire acondicionado | 22 | 13% |
| Concientiza a otras personas sobre el ahorro de energía | 43 | 26% |
| Ninguna | 30 | 18% |
| Otro | 7 | 4% |
| Total | 167 | 100% |

PREGUNTA 18

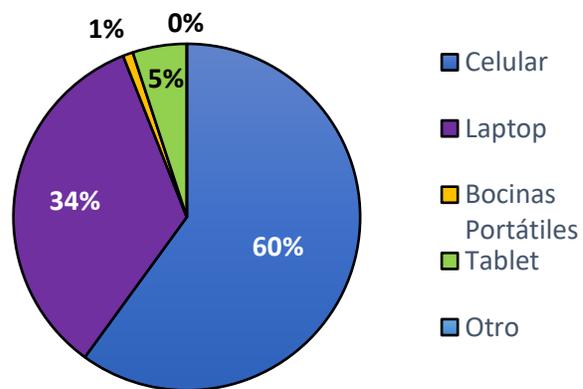


Análisis: Del 100% de los encuestados un 39% afirma que se tiene que tener una regulación del uso de energía eléctrica un 26% concientizar sobre el ahorro de energía, un 13% contesto sobre el uso regulado de aires acondicionados y un 4% afirmo que otras medidas que se puedan implementar puede ser apagar la luz o aparatos que no estén dando un servicio y el uso de manera meramente necesaria de la energía.

Tabla N° 19 ¿Trae a la universidad alguno de los siguientes dispositivos electrónicos? Puede seleccionar más de una.

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------------|------------|--------------|
| Celular | 381 | 60% |
| Laptop | 216 | 34% |
| Bocinas Portátiles | 6 | 1% |
| Tablet | 32 | 5% |
| Otro | 0 | 0% |
| Total | 635 | 100 % |

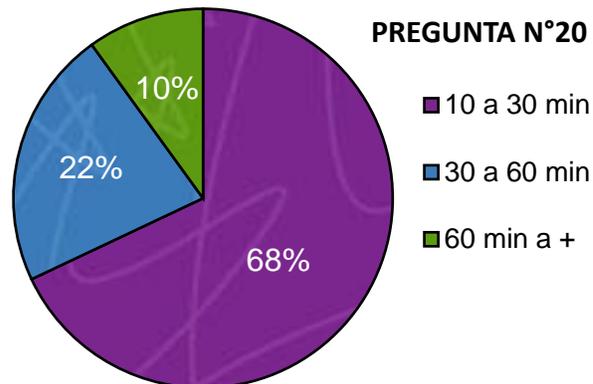
Pregunta N° 19



Análisis: Del 100% de los encuestados 60% contesto que llevan Celular a la universidad teniendo como mayoría esta afirmación, 34% contesto que llevan computadora portátil o laptop y un 5% Tablet y 1% Bocinas portátiles.

Tabla N° 20 ¿Cuánto tiempo por día carga usted los dispositivos electrónicos dentro de las instalaciones del edificio?

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------|------------|--------------|
| 10 a 30 min | 259 | 68% |
| 30 a 60 min | 84 | 22% |
| 60 min a + | 38 | 10% |
| Total | 381 | 100 % |

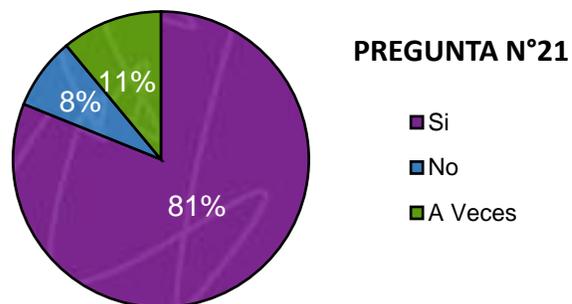


Análisis: De los 137 que contestaron esta pregunta un 68% afirma que carga los dispositivos de 10 a 30 minutos, un 22% carga los dispositivos portátiles de 30 a 60 minutos y un 10% afirma que carga los dispositivos portátiles más de 60 minutos.

Interpretación: Incentivar a la población en que no deje conectado los cargadores de los teléfonos o computadoras cuando estas hayan cumplido con su carga requerida, y hacerles saber que pueden contribuir con el desarrollo energético del edificio hasta con un 5% del consumo eléctrico.

Tabla N°21 ¿Desenchufa los aparatos electrónicos, cargadores y apaga las luces cuando no los utiliza y al terminar la jornada laboral?

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------|------------|--------------|
| Si | 309 | 81% |
| No | 30 | 8% |
| A veces | 42 | 11% |
| Total | 381 | 100 % |



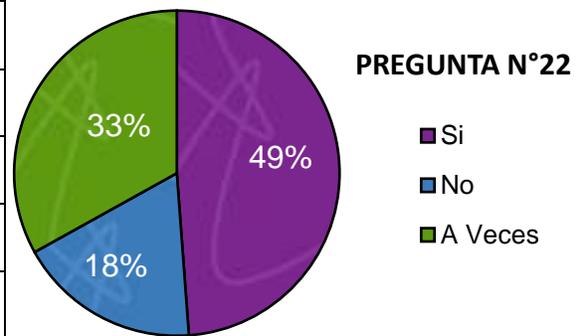
Análisis: Del 100% de los encuestados 81% afirma que apaga las luces y desenchufa los aparatos eléctricos cuando no se están utilizando, un 8% afirma que no lo hace y un 11% contesto

que “a veces”, por lo que con el 81% se afirma que se tiene un buen habito de ahorro energético entre el personal que labora y los estudiantes que hacen uso de las instalaciones del edificio.

Interpretación: Utilizar iluminación natural reflejada por las ventanas siempre y cuando esta sea iluminación indirecta por los rayos del sol, tal y como se menciona en la pregunta N°20 no dejar conectado los cargadores de celulares ni computadoras cuando estos no estén siendo utilizados.

Tabla N°22 ¿Sus compañeros apagan los equipos ofimáticos y/o luminarias al retirarse?

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------|------------|--------------|
| Si | 186 | 49% |
| No | 69 | 18% |
| A veces | 126 | 33% |
| Total | 381 | 100 % |



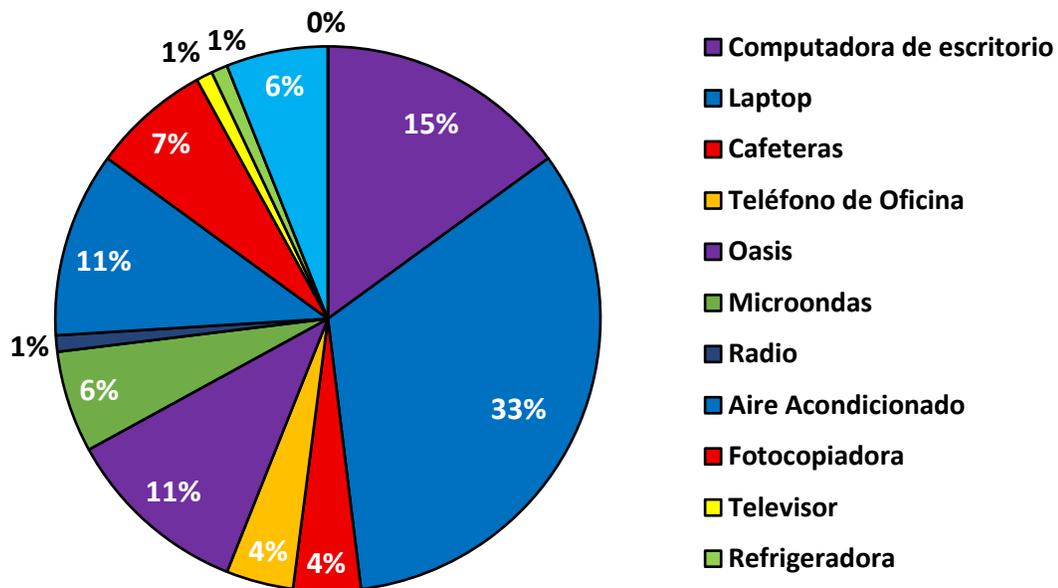
Análisis: Del 100% de los encuestados 49% afirma que sus compañeros de trabajo y de clases SI apagan los equipos ofimáticos y luminarias al retirarse de las instalaciones del edificio, 18% afirma que NO, y un 33% contestó que A VECES.

Interpretación: Al igual que la pregunta 20 y 21, siempre es recomendable apagar las luces cuando estas no estén siendo utilizados y no dejar enchufado el equipo eléctrico, ya sea cafeteras, impresores y computadoras, Imprimir pequeñas recomendaciones de como algo tan significativo tiene un gran impacto en el consumo eléctrico y pegarlas en cada espacio de cubículo para obtener una mayor educación con el ahorro energético del edificio.

Tabla N°23 ¿Qué equipo eléctrico utiliza generalmente en el edificio de la Unidad Bibliotecaria? Puede seleccionar más de una.

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje | Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|---------------------------|------------|------------|--------------------|------------|--------------|
| Computadora de escritorio | 139 | 15% | Aire Acondicionado | 102 | 11% |
| Laptop | 307 | 33% | Fotocopiadora | 65 | 7% |
| Cafeteras | 37 | 4% | Televisor | 9 | 1% |
| Teléfono de Oficina | 37 | 4% | Refrigeradora | 9 | 1% |
| Oasis | 102 | 11% | Impresora | 56 | 6% |
| Microondas | 56 | 6% | Otro | 0 | 0% |
| Radio | 9 | 1% | Total | 928 | 100 % |

PREGUNTA N°23

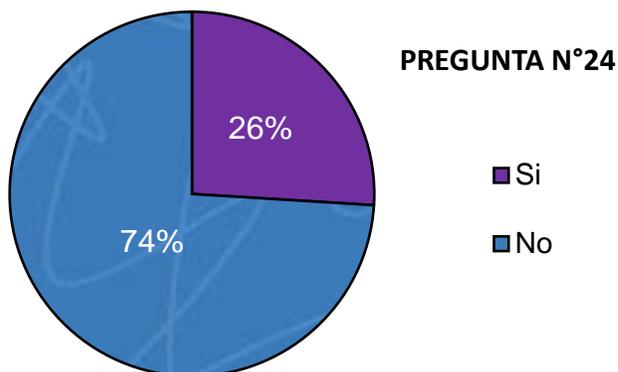


Análisis: Del 100% de los encuestados el 33% utiliza laptop o computadora portátil en el edificio, el 15% utiliza computadora de escritorio, le sigue Aire Acondicionado y Oasis con 11% cada uno, 7% contestó que tienen fotocopiadora, 6% fotocopiadora y microondas cada uno, 4% teléfono de oficina y cafeteras cada uno y 1% refrigeradora, televisor y radio cada uno.

Interpretación: Programar termostato a una temperatura considerada para un buen confort ya sea a 23°C o 24°C, no dejar puertas abiertas ni ventanas cuando estos equipos estén en funcionamiento y así evitar ineficiencia del equipo y una mayor vida útil

Tabla N° 24 ¿Posee aire acondicionado en su lugar de trabajo o aula de estudio?

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------|------------|-------------|
| Si | 99 | 26% |
| No | 282 | 74% |
| Total | 381 | 100% |

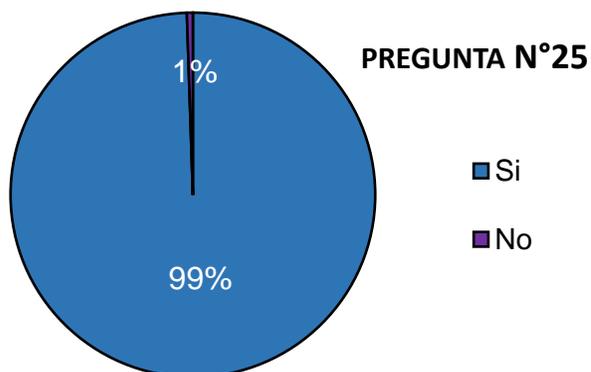


Análisis: Del 100% de los encuestados un 74% selecciono que No poseen aires acondicionados en su lugar de estudio o en su lugar de trabajo y un 26% afirmo que Si poseen aire acondicionado en el lugar de trabajo o aula de estudio.

Interpretación: De acuerdo a la supervisión del edificio el área ocupacional más habitada es el área de estudio colectivo e individual y como la mayoría de encuestados fueron los estudiantes. Utilizar ventiladores más eficientes.

Tabla N°25 ¿Considera usted que es importante el mantenimiento en los aires acondicionados?

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------|------------|-------------|
| Si | 377 | 99% |
| No | 4 | 1% |
| Total | 381 | 100% |

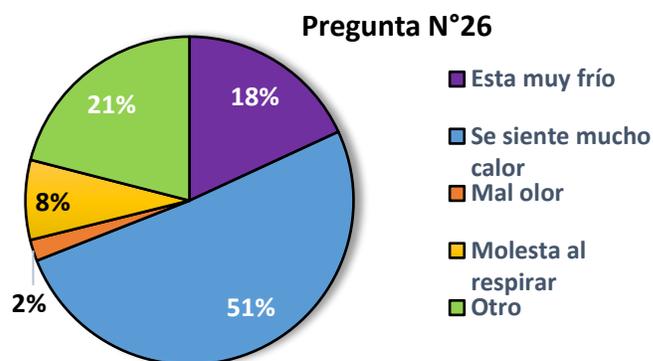


Análisis: De las personas encuestadas un 99% menciona que Si considera que es importante el mantenimiento de los aires acondicionados en el edificio de la unidad bibliotecaria y un 1% No considera importante brindar mantenimiento en los aires acondicionados del edificio.

Interpretación: Implementar indicaciones de cómo utilizar bien el equipo de aire acondicionado, con los encargados de mantenimiento incentivarlos a que estén mas pendiente de cada equipo y acudir a su mantenimiento correspondido para evitar deficiencias en ele equipo

Tabla N°26 ¿Cuál es su opinión con respecto al uso del aire acondicionado en su área de trabajo o aula de clases?

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|-----------------------|------------|-------------|
| Esta muy frío | 69 | 18% |
| Se siente mucho calor | 194 | 51% |
| Mal olor | 8 | 2% |
| Molesta al respirar | 30 | 8% |
| Otro | 80 | 21% |
| Total | 381 | 100% |



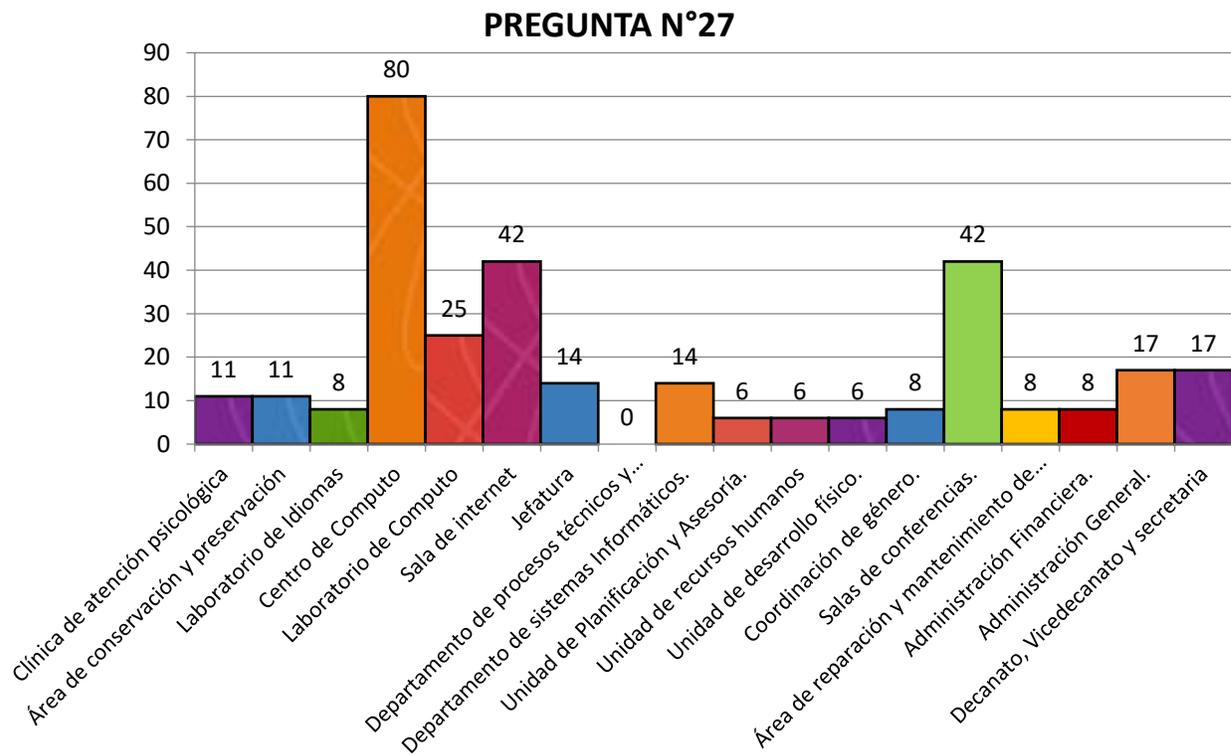
Análisis: Del 100% de los encuestados un 51% afirma sentir mucho calor durante el uso del aire acondicionado, 18% manifiesta sentir demasiado frio, un 8% siente malestar al respirar y otro 21% comento que en el área donde pasan en el edificio no hay aire acondicionado, que todo está bien, que no encuentra ningún inconveniente.

Interpretación: Mantener los filtros de aire acondicionado muy limpios, desagües y una limpieza general del equipo, implicaría que estos a menudo no presenten perdidas de enfriamiento y que el equipo trabaje fuera de su máximo rendimiento.

Tabla N°27 ¿En qué área de trabajo o nombre de aula donde recibe clases se presenta las problemáticas del ítem anterior con respecto al uso de aire acondicionado?

| Alternativa | Frecuencia |
|--|------------|
| Primer Nivel | |
| Clínica de atención psicológica | 11 |
| Área de conservación y preservación | 11 |
| Laboratorio de Idiomas | 8 |
| Centro de Computo | 80 |
| Laboratorio de Computo | 25 |
| Sala de internet | 42 |
| Jefatura | 14 |
| Segundo Nivel | |
| Departamento de procesos técnicos y desarrollo de las colecciones. | 0 |
| Departamento de sistemas Informáticos. | 14 |

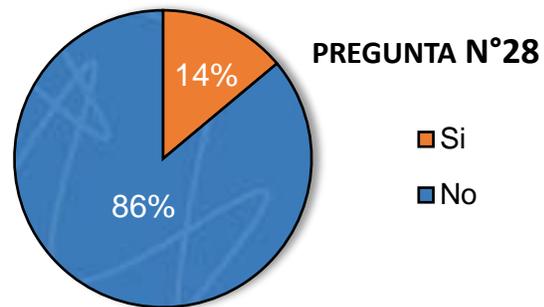
| | |
|--|------------|
| Unidad de Planificación y Asesoría. | 6 |
| Unidad de recursos humanos | 6 |
| Unidad de desarrollo físico. | 6 |
| Coordinación de género. | 8 |
| Salas de conferencias. | 42 |
| Área de reparación y mantenimiento de equipos. | 8 |
| Administración Financiera. | 8 |
| Administración General. | 17 |
| Decanato, Vicedecanato y secretaria | 17 |
| Total | 323 |



Análisis: Del total de los encuestados, 116 personas marcaron las áreas en donde se presentan los problemas de los aires acondicionados que son en el centro de cómputo, la sala de conferencia, la sala de internet y el laboratorio de cómputo, de acuerdo a la pregunta N°23, 21 personas confirmaron que el área en donde pasan más tiempo no hay aire acondicionado, esto hace el total de la población que fue encuestada.

Tabla N°28 ¿Presenta usted alguna enfermedad durante su estancia en el edificio de la Unidad Bibliotecaria? Si su respuesta es NO, omita la pregunta 29.

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------|------------|-------------|
| Si | 53 | 14% |
| No | 328 | 86% |
| Total | 381 | 100% |

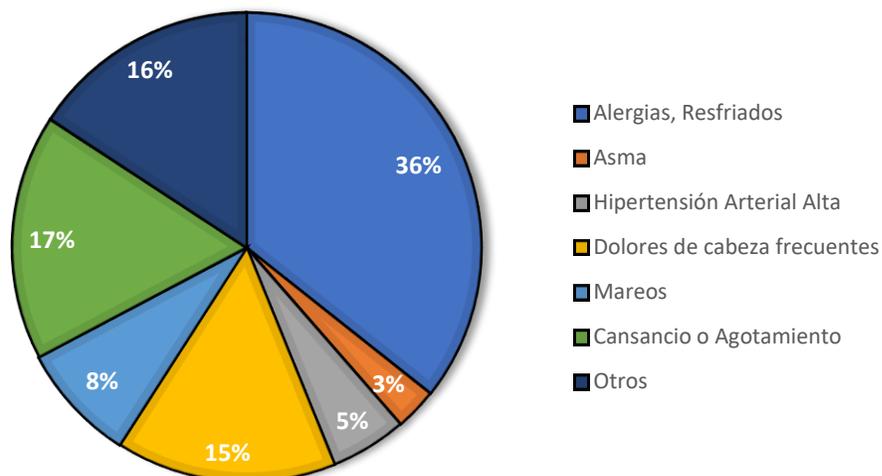


Análisis: Del 100% de los encuestados el 86% menciona que no presenta ninguna sintomatología durante la estancia en el edificio de la unidad bibliotecaria y un 14% afirma presentar síntomas mientras se encuentran en las instalaciones del edificio.

Tabla N° 29 ¿Frecuentemente que tipo de enfermedades presenta usted y sus compañeros de trabajo o estudio durante su estancia en el edificio?

| Alternativa | Frecuencia | Porcentaje |
|------------------------------|------------|-------------|
| Alergias, Resfriados | 61 | 36% |
| Asma | 5 | 3% |
| Hipertensión Arterial Alta | 9 | 5% |
| Dolores de cabeza frecuentes | 26 | 15% |
| Mareos | 14 | 8% |
| Cansancio o Agotamiento | 29 | 17% |
| Otros | 27 | 16% |
| Total | 171 | 100% |

PREGUNTA N°29



Análisis: Del 100% de los encuestados un 36% menciona que las enfermedades que presenta durante la estancia en el edificio son las alergias y resfriados, un 17% afirma cansancio o agotamiento, un 16% afirma que presenta otros tipos de enfermedades, un 15% presenta dolores de cabeza frecuentes, un 8% presenta mareos, un 5% hipertensión alta y 3% afirma que han presentado asma.

5.2 Resultados y Análisis de Mediciones en el Edificio de la Unidad Bibliotecaria de la Facultad Multidisciplinaria Oriental UES

5.2.1 Resultados de Consumo de Potencias De Subestación Estrella/Estrella del edificio Unidad Bibliotecaria FMO UES.

Capacidad Nominal: 300 KVA [832.71A@ 120Y208V](#), 3Φ



Ilustración 72 Potencia consumida en el lapso de 8 días completos

Como se muestra en el gráfico se realizó medición de consumo en kWh entre el 23/5/2023 y el 31/5/2023 donde se obtuvo que el día de mayor consumo fue el día miércoles 24/5/2023 con el consumo de 122.901 kW, y un promedio de 87.24 kW de consumo por día, lo que diría que mensualmente se tendría un consumo estimado de 2,704.38 kW mensual por mes.

A partir de las mediciones se realizó un análisis de los datos obteniendo Moda, Mediana, Desviación Estándar y los cuartiles y percentiles como se muestra a continuación:

- **Moda para datos agrupados:** resolvemos para conocer el valor de potencia medida que más se repite obteniendo

$$Mo = Li + \frac{fi - fi_{-1}}{(fi - fi_{-1}) + (fi - fi_{+1})} * Ai, \text{Resolviendo tenemos:}$$

Mo = 10.66, por lo que 10.66kW es el consumo que más se obtuvo en la toma de datos del analizador de potencia

- **Mediana para datos agrupados:** resolvemos para obtener el valor medio medido obteniendo

$$\tilde{x} = Li + \frac{\frac{n}{2} - fi_{-1}}{fi} * A, \text{Resolviendo tenemos:}$$

$\tilde{x} = Me = 10.816$, Por lo que 10.816 es el dato con posición central del conjunto de datos ordenados.

- **Desviación Estándar:** La utilizamos para la obtención de la variación o dispersión de que los datos difieren de la media

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}}, \text{donde}$$

s = desviacion estandar

x = valor de muestra

\bar{x} = media aritmetica

Obteniendo: s =29.90223064

- **Cuartiles:** Son tres valores de las variables que dividen un conjunto de datos en cuatro partes iguales, usamos la formula siguiente para el caso de datos agrupados:

$$Q_k = Li + \frac{\left(\frac{k * N}{4}\right) - fi_{-1}}{fi} Ai, \text{donde}$$

Li: limite inferior de la clase

N: suma de frecuencias absolutas

fi₋₁: Frecuencia acumulada anterior

Ai: amplitud de clase

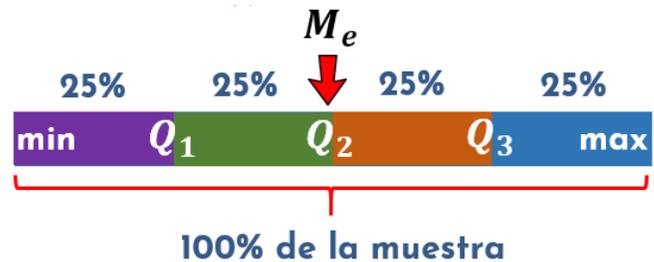


Ilustración 73 Variables que dividen conjuntos de datos en partes iguales

Obteniendo:

$Q_1 = Percentil_{25} = 9.25775$, Mediana de la primera mitad de los datos obtenidos

$Q_2 = Percentil_{50} = Mediana = 10.8175$

$Q_3 = Percentil_{75} = 20.50225$, Mediana de la segunda mitad de datos.

Se realizo un Histograma a partir de los datos q se obtuvieron para las potencias reales obtenidas y con ello la gráfica siguiente:

Como se muestra en la gráfica de frecuencias se puede ver que el consumo que más se tiene es

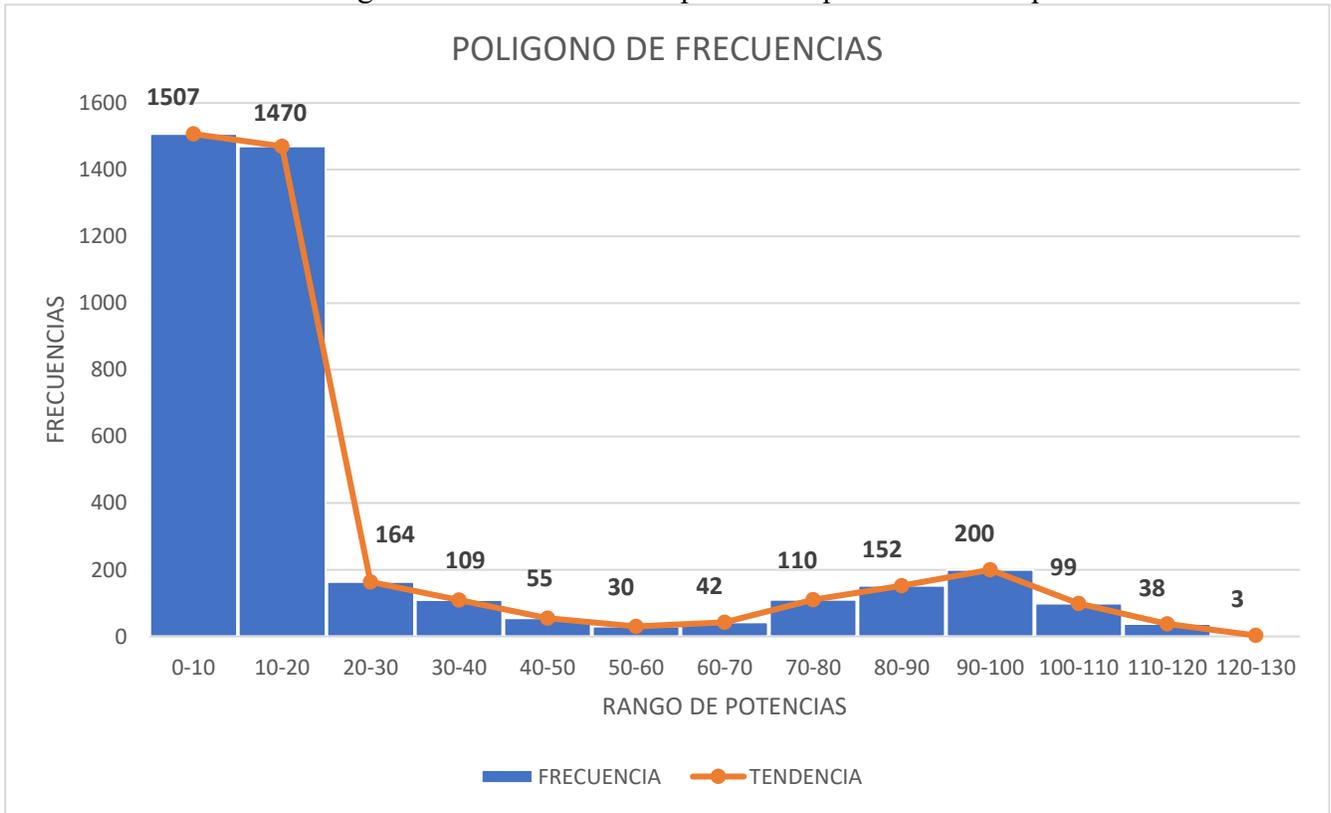


Ilustración 74 Polígono de frecuencias para mediciones de potencia consumida

de 0 a 10kW con 1507 de frecuencia lo que viene siendo una pequeña demanda donde solo se usaría aparatos de bajo consumo y luminarias, de 10 a 20 kW se tiene 1470 de frecuencia donde ya se podría ver equipos de fuerza conectados como los aires acondicionados en funcionamiento pero no todos en funcionamiento, se notar que se llega a consumos de grandes demandas superando la potencias máximas de 120kW pero con frecuencias de 38 datos.

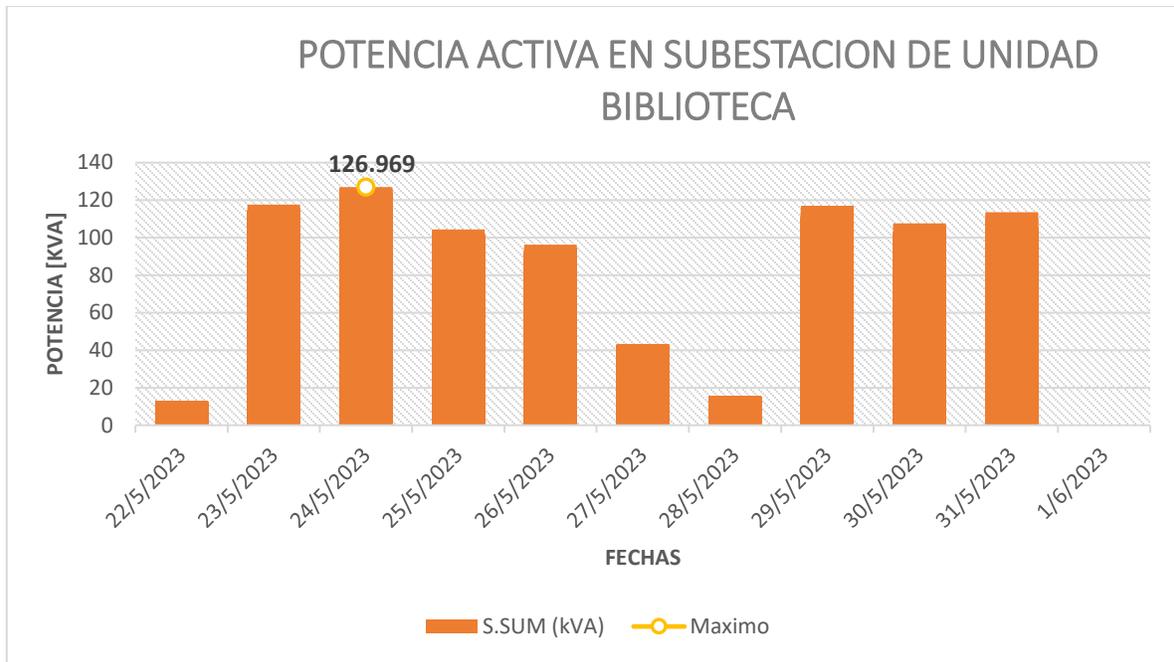


Ilustración 75 Potencia Activa consumida en el lapso de 8 días completos

Como se muestra en el gráfico, tenemos un consumo máximo de 126.97 kVA como pico máximo en día miércoles 24/5/2023 en el edificio Unidad Bibliotecaria, tomando en cuenta que la subestación instalada para el edificio es de 300kVA podríamos afirmar que la subestación está trabajando a un 42.32% de su capacidad máxima por lo que no se encuentra sobrecargado.

De la misma manera tenemos:

- **Moda para datos agrupados**

$Mo = 10.747$, por lo que 10.747kVA es el consumo que más se obtuvo en la toma de datos del analizador de potencia

- **Mediana para datos agrupados:** resolvemos para obtener el valor medio medido obteniendo:

$\tilde{x} = Me = 10.9375$, Por lo que 10.9375kVA es el dato con posición central del conjunto de datos ordenados.

- **Desviación Estándar:** La utilizamos para la obtención de la variación o dispersión de que los datos difieren de la media

Obteniendo: $s = 31.2362646$

- **Cuartiles:** Son tres valores de las variables que dividen un conjunto de datos en cuatro partes iguales, usamos la formula siguiente para el caso de datos agrupados:

Obteniendo:

$Q_1 = \text{Percentil}_{25} = 9.3015$, Mediana de la primera mitad de los datos obtenidos

$Q_2 = \text{Percentil}_{50} = \text{Mediana} = 10.9375$

$Q_3 = \text{Percentil}_{75} = 20.886$, Mediana de la segunda mitad de datos.

Se realizo un Histograma a partir de los datos que se obtuvieron para la Potencia Activa obtenidas y con ello la gráfica siguiente:

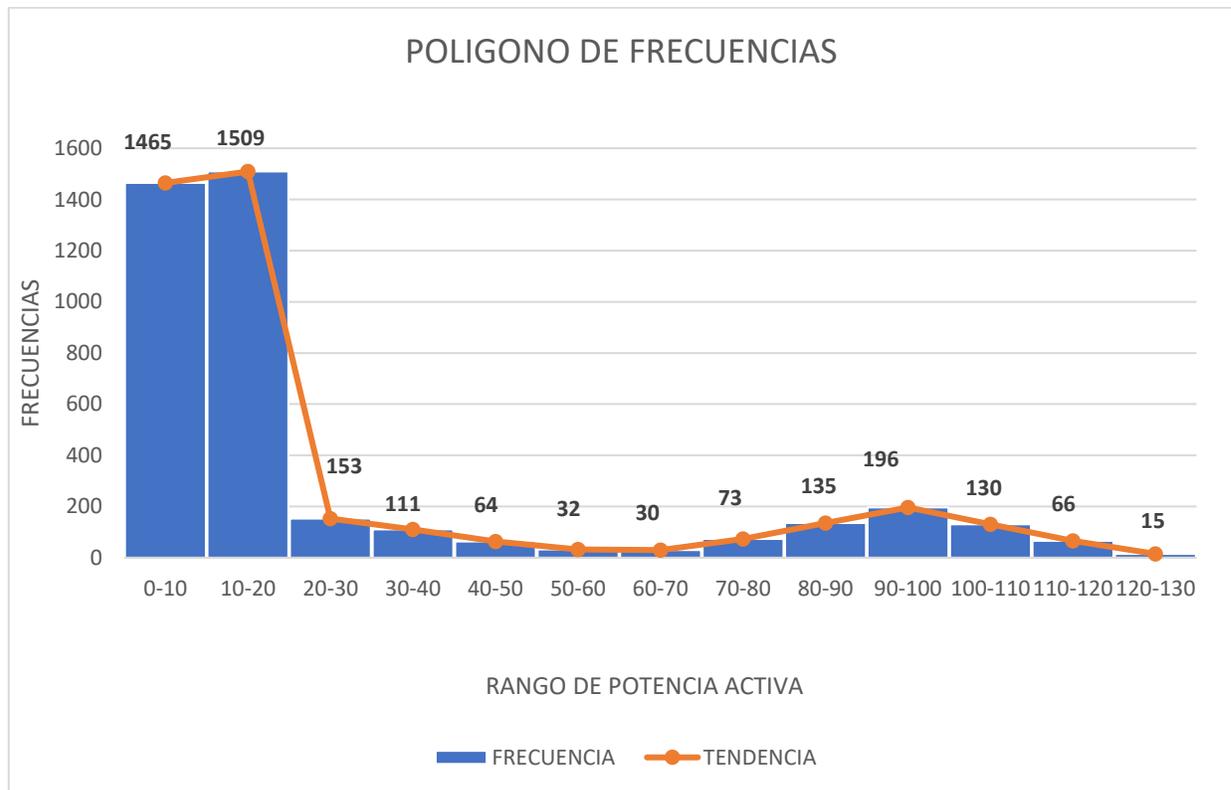


Ilustración 76 Grafico de Frecuencias para mediciones de Potencia Activa

Se tiene en el grafico la mayoría de frecuencias de entre 20kVA a 10kVA por lo que la mayoría de mediciones se tiene una lectura de mediana demanda.

**DIFERENCIA DE POTENCIAL PARA LA FASE A DEL EDIFICIO UNIDAD
BIBLIOTECARIA UES FMO**

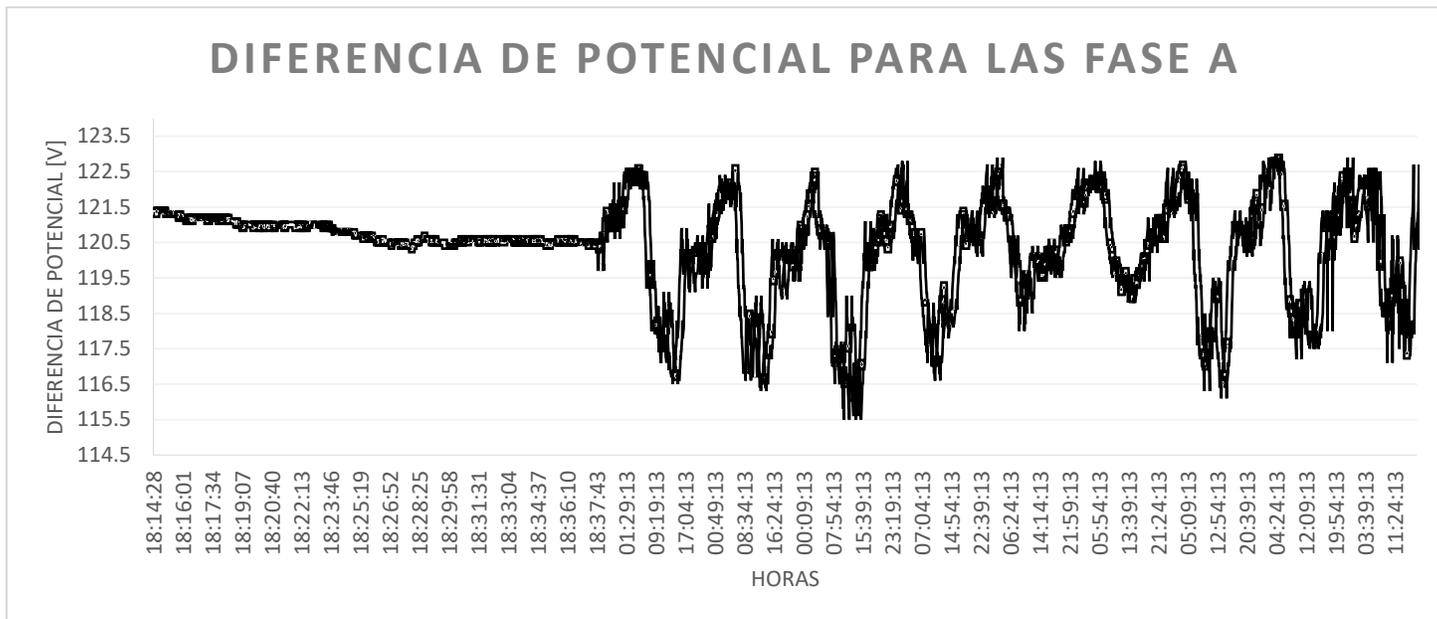


Ilustración 77 Diferencia de Potencia medida en la fase A

Para determinar el indicador de Calidad para evaluar la tensión de entrega en un intervalo de medición k (5 min), se realizará por medio de la ecuación dada en el art.22 del Acuerdo 192-E-2004 de SIGET:

$$\Delta V_k(\%) = \frac{V_k - V_N}{V_N} * 100\%, \text{ donde:}$$

V_k : La media de los valores eficaces (RMS) instantáneos medidos en el punto de entrega

V_N : Valor de la tensión nominal

Donde los límites admisibles están dados por el artículo art.23 del Acuerdo 192-E-2004 de SIGET:

| NIVEL DE TENSIÓN | ΔV_k | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------|--------------|
| | Régimen período año 2005 en adelante | | |
| | Urbano | Rural | Aislado |
| Baja Tensión (≤ 600 V) | $\pm 7 \%$ | $\pm 8\%$ | $\pm 8.5 \%$ |
| Media Tensión ($600V < V < 115kV$) | $\pm 6 \%$ | $\pm 7\%$ | $\pm 8.5\%$ |

Ilustración 78 Límites admisibles dados en el art. 23 de acuerdo 192-E-2004

Para la Fase A tenemos:

$$V_k: 120.335964 V$$

$$V_N: 120V$$

$$\Delta V_k(\%) = \frac{(120.335964) - 120}{120} * 100\% = 0.0028 = 0.28\%$$

Por lo que para la **fase A** se tiene un resultado de porcentaje excelente en términos de caída de tensión o variación de los valores de tensión

De la misma manera tenemos:

- **Moda para datos agrupados**

Mo = 120.5 V, por lo que es la lectura en voltios que más se obtuvo en la toma de datos del analizador de potencia

- **Mediana para datos agrupados:** resolvemos para obtener el valor medio medido obteniendo

$\tilde{x} = Me = 120.6 V$, Por lo que es el dato con posición central del conjunto de datos ordenados.

- **Desviación Estándar:** La utilizamos para la obtención de la variación o dispersión de que los datos difieren de la media

Obteniendo: $s = 1.37$

- **Cuartiles:** Son tres valores de las variables que dividen un conjunto de datos en cuatro partes iguales, usamos la formula siguiente para el caso de datos agrupados:

Obteniendo:

$Q_1 = Percentil_{25} = 119.9 V$, Mediana de la primera mitad de los datos obtenidos

$Q_2 = Percentil_{50} = Mediana = 120.6$

$Q_3 = Percentil_{75} = 121.2$, Mediana de la segunda mitad de datos.

Se realizo un Histograma a partir de los datos que se obtuvieron para Las tensiones de la Fase A obtenidas y con ello la gráfica siguiente:

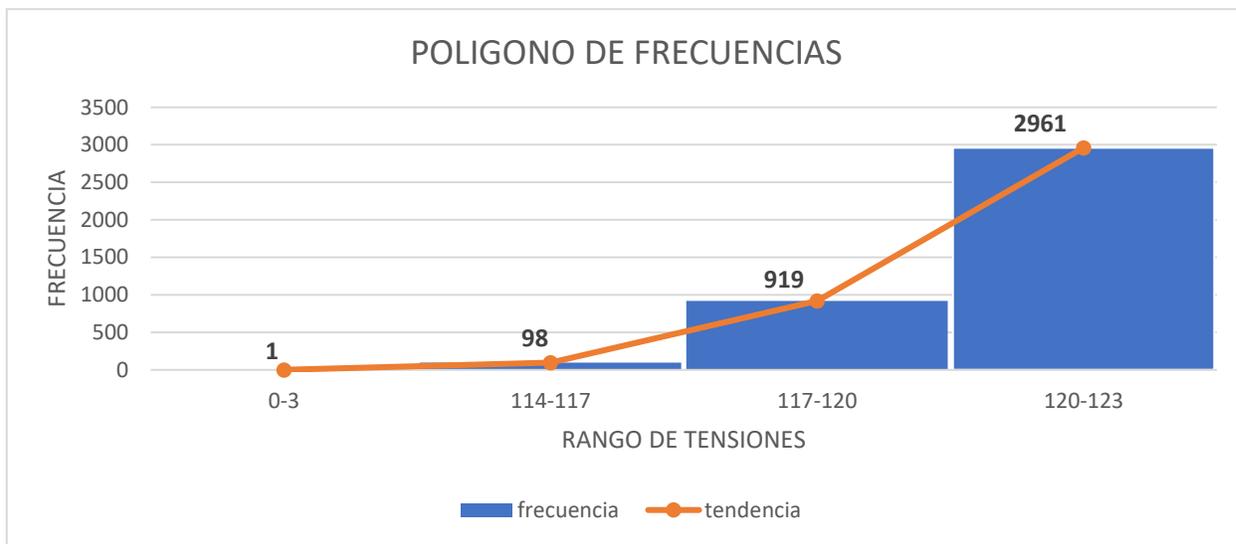


Ilustración 79 Grafico de Frecuencias para mediciones de Diferencia de tensiones en la Fase A

Se logra ver en el grafico que la frecuencia mayoritaria es para los 120V por lo que se tiene para loa fase A buenas lecturas de tensiones.

DIFERENCIA DE POTENCIAL PARA LA FASE “B” DEL EDIFICIO UNIDAD BIBLIOTECARIA UES FMO

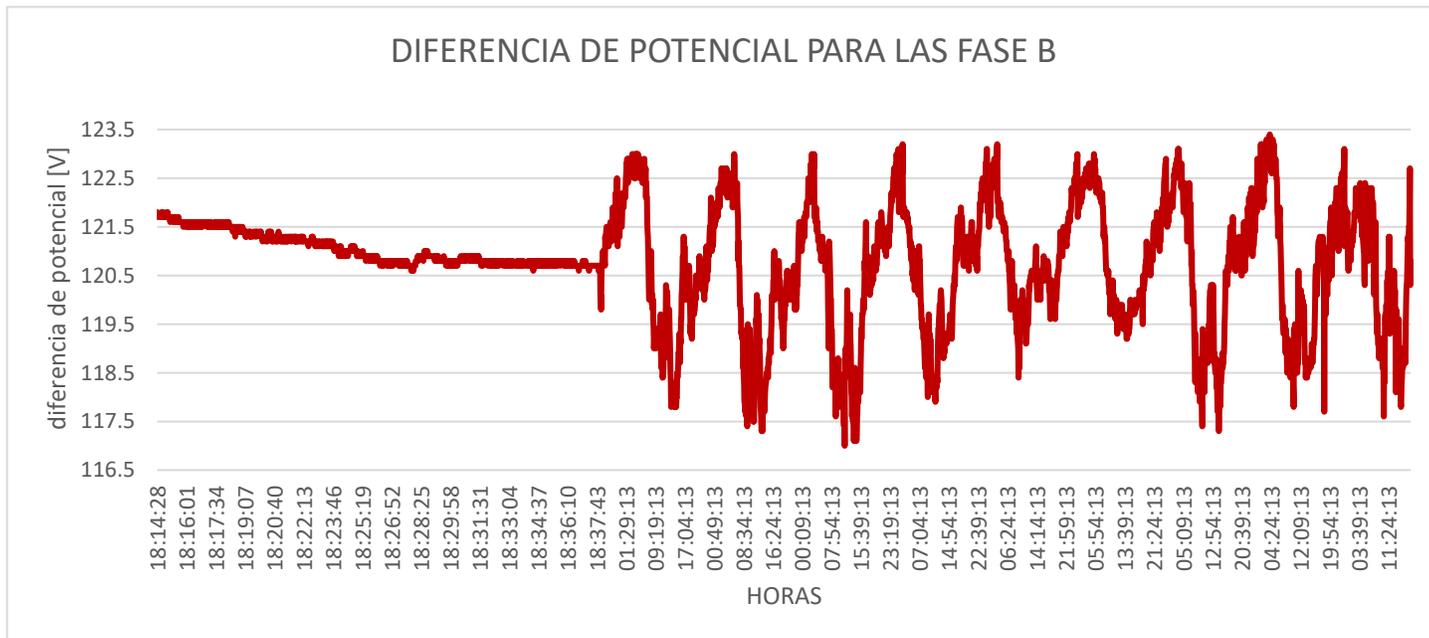


Ilustración 80 Diferencia de Potencia medida en la fase B

Para la Fase B tenemos:

$$V_k: 120.730334 V$$

$$V_N: 120V$$

$$\Delta V_k(\%) = \frac{(120.730334) - 120}{120} * 100\% = 0.0061 = 0.61\%$$

Por lo que para la fase B se tiene un resultado de porcentaje excelente en términos de caída de tensión o variación de los valores de tensión

De la misma manera tenemos:

- **Moda para datos agrupados**

Mo = 120.8 V, por lo que es la lectura en voltios que más se obtuvo en la toma de datos del analizador de potencia

- **Mediana para datos agrupados:** resolvemos para obtener el valor medio medido obteniendo

$\tilde{x} = Me = 120.8 V$, Por lo que es el dato con posición central del conjunto de datos ordenados.

- **Desviación Estándar:** La utilizamos para la obtención de la variación o dispersión de que los datos difieren de la media

Obteniendo: $s = 2.52$

- **Cuartiles:** Son tres valores de las variables que dividen un conjunto de datos en cuatro partes iguales, usamos la formula siguiente para el caso de datos agrupados:

Obteniendo:

$Q_1 = Percentil_{25} = 120.3$, Mediana de la primera mitad de los datos obtenidos

$Q_2 = Percentil_{50} = Mediana = 120.8$

$Q_3 = Percentil_{75} = 121.5$, Mediana de la segunda mitad de datos.

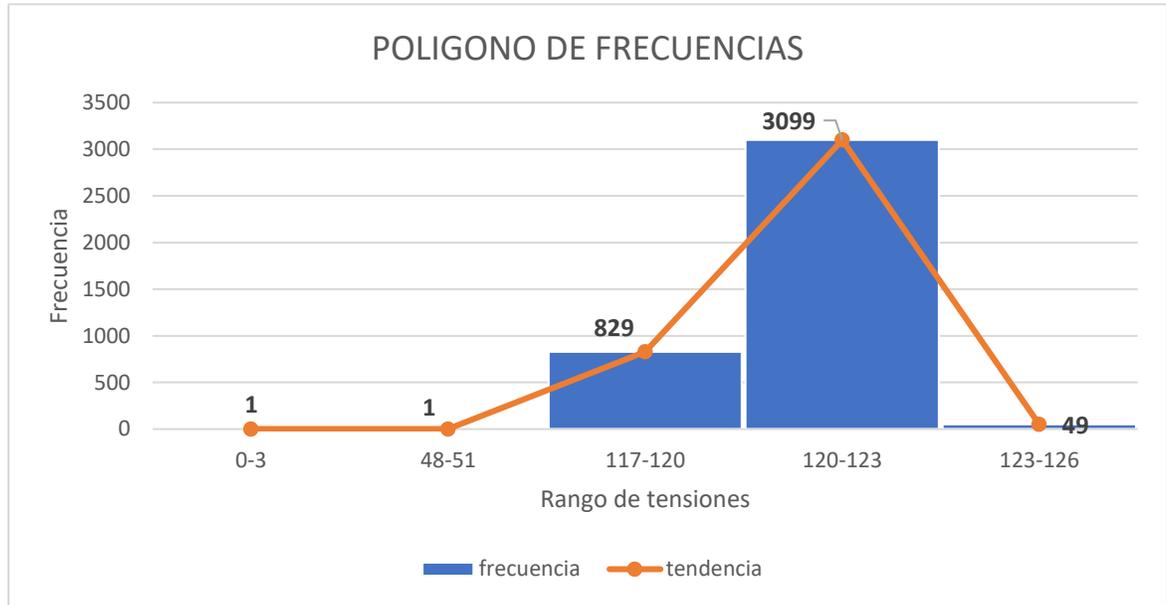


Ilustración 81 Grafico de Frecuencias para mediciones de Diferencia de tensiones en la Fase B

Se realizo un Histograma a partir de los datos que se obtuvieron para Las tensiones de la Fase B obtenidas y con ello la gráfica siguiente:

Se tienen una mayoría de lecturas de entre 120V a 123V lo que sería una lectura excelente en lo que es la diferencia de potencial, pero se nota una caída leve de entre los 117 a 120V por lo que se nota entradas de carga para esta fase,

DIFERENCIA DE POTENCIAL PARA LA FASE “C” DEL EDIFICIO UNIDAD BIBLIOTECARIA UES FMO



Ilustración 82 Diferencia de Potencia medida en la fase C

Para la Fase C tenemos:

$$V_k: 120.762704 V$$

$$V_N: 120V$$

$$\Delta V_k(\%) = \frac{(120.762704) - 120}{120} * 100\% = 0.0064 = 0.64\%$$

Por lo que para la fase C se tiene un resultado de porcentaje excelente en términos de caída de tensión o variación de los valores de tensión

De la misma manera tenemos:

- **Moda para datos agrupados**

Mo = 121 V, por lo que es la lectura en voltios que más se obtuvo en la toma de datos del analizador de potencia

- **Mediana para datos agrupados:** resolvemos para obtener el valor medio medido obteniendo

$\tilde{x} = Me = 121 V$, Por lo que es el dato con posición central del conjunto de datos ordenados.

- **Desviación Estándar:** La utilizamos para la obtención de la variación o dispersión de que los datos difieren de la media

Obteniendo: $s = 2.93$

- **Cuartiles:** Son tres valores de las variables que dividen un conjunto de datos en cuatro partes iguales, usamos la formula siguiente para el caso de datos agrupados:

Obteniendo:

$Q_1 = Percentil_{25} = 120.2 V$, Mediana de la primera mitad de los datos obtenidos

$Q_2 = Percentil_{50} = Mediana = 121 V$

$Q_3 = Percentil_{75} = 121.5 V$, Mediana de la segunda mitad de datos.

Se realizo un Histograma a partir de los datos que se obtuvieron para Las tensiones de la Fase C obtenidas y con ello la gráfica siguiente:

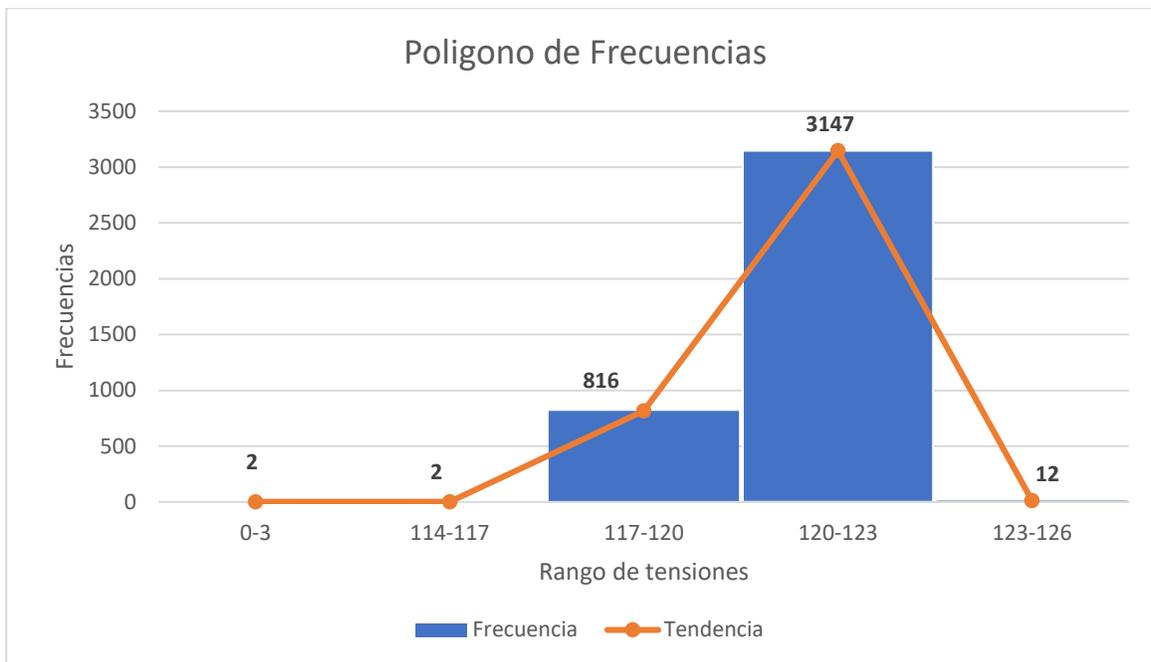


Ilustración 83 Grafico de Frecuencias para mediciones de Diferencia de tensiones en la Fase C

Según el polígono de frecuencias la mayoría de tomas de lectura rondan entre los 120V a 123V por lo que sería una buena lectura, y se tiene al igual que las lecturas de la fase B mediciones de entre 117 V a 120V por lo que se nota que entre la fase B y fase C están cargados las mayorías de circuitos de fuerza ya que se tienen lecturas de caída de tensión pequeñas, no perjudiciales en este caso por lo que no se tienen problemas de caída de tensión.

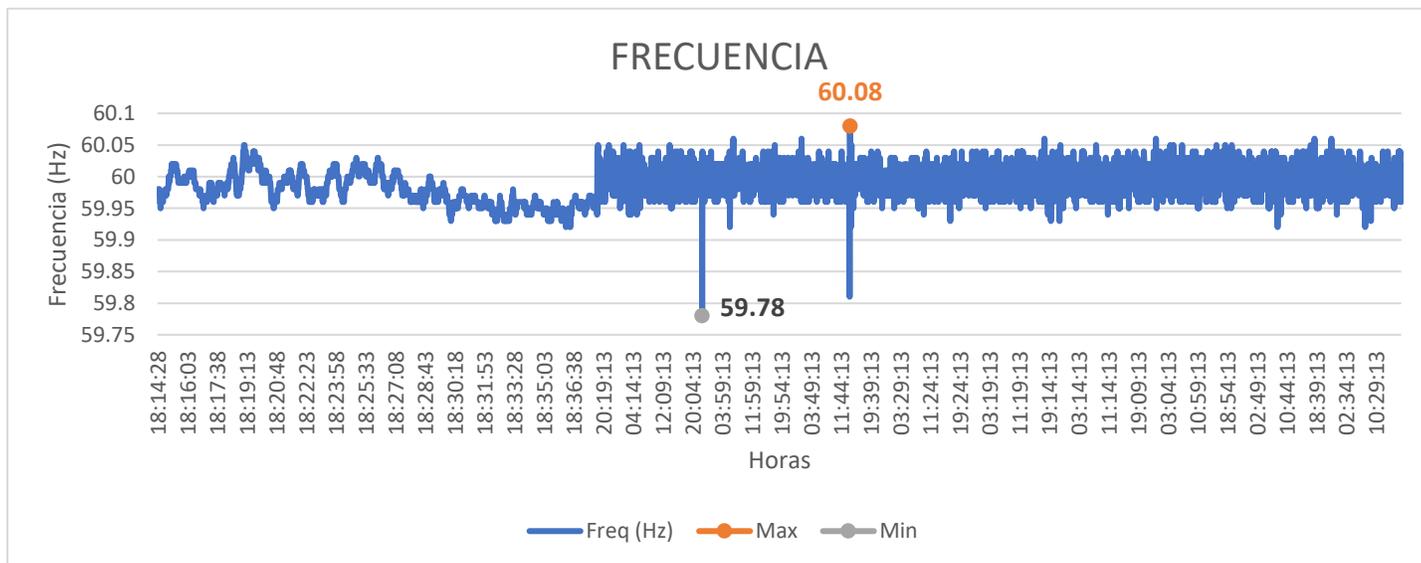


Ilustración 84 Resultado de medición de Frecuencia

Como se muestra en el resultado de la frecuencias se tiene una oscilación constante como respuesta a la carga de compresores de aires acondicionados y equipo de servidores instalado en el edificio, se cuenta con dos puntos bajos de frecuencia, uno a las 22:39:13 con 59.78 Hz y el otro a las 14:04:13 con 59.098 Hz, resultado de factores externos al edificio y al sistema eléctrico ya q podría ser una entrada de carga o disparo de protección de un generador de distribución o transmisión, por lo que no son muy extremos los bajones de frecuencia se tiene seguro que no recurren daños al equipo eléctrico externo del edificio.

- **Moda para datos agrupados**

$Mo = 60 \text{ Hz}$, por lo que es la lectura en Hertz que más se obtuvo en la toma de datos del analizador de potencia

- **Mediana para datos agrupados:** resolvemos para obtener el valor medio medido obteniendo

$\tilde{x} = Me = 59.99$, Por lo que es el dato con posición central del conjunto de datos ordenados.

- **Desviación Estándar:** La utilizamos para la obtención de la variación o dispersión de que los datos difieren de la media

Obteniendo: $s = 0.026018945$

- **Cuartiles:** Son tres valores de las variables que dividen un conjunto de datos en cuatro partes iguales, usamos la formula siguiente para el caso de datos agrupados:

Obteniendo:

$Q_1 = Percentil_{25} = 59.97$, Mediana de la primera mitad de los datos obtenidos

$Q_2 = Percentil_{50} = Mediana = 59.99$

$Q_3 = Percentil_{75} = 60.01$, Mediana de la segunda mitad de datos.

Se realizo un Histograma a partir de los datos que se obtuvieron para las frecuencias obtenidas y con ello la gráfica siguiente:

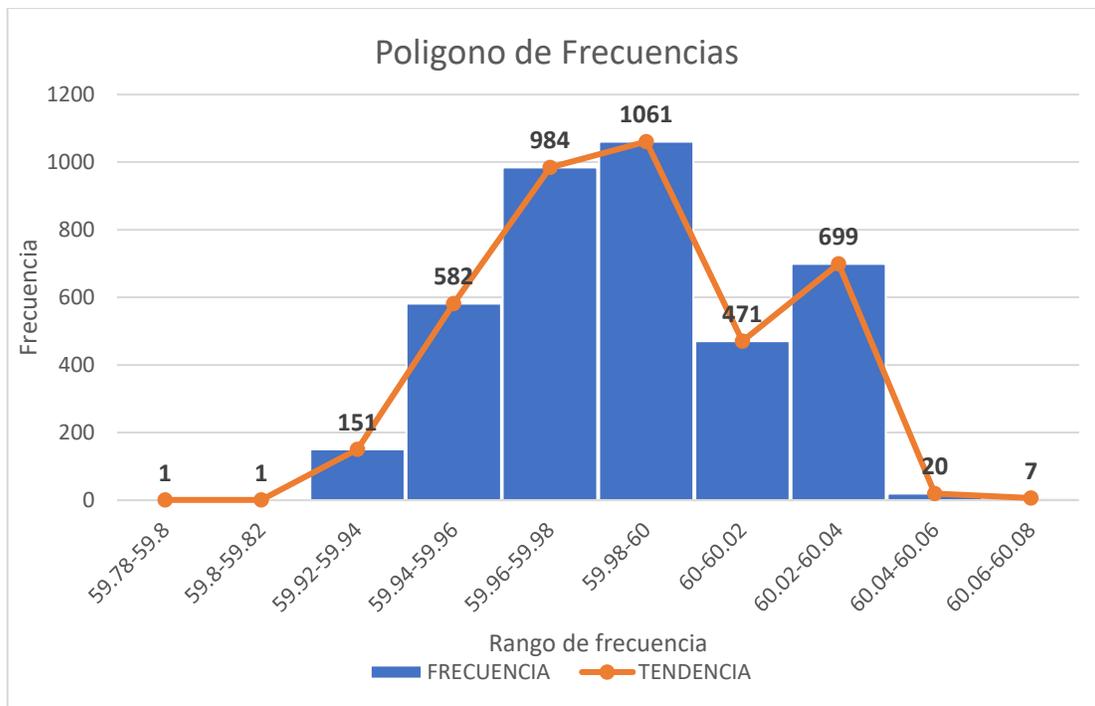


Ilustración 85 Grafico de Frecuencias para mediciones de Frecuencias obtenidas

Según el polígono de frecuencias se nota una variación mínima no perjudicial para los equipos eléctricos internos ni tampoco se notan cortes de energía ni variaciones extremas en la frecuencia ya que la mayoría de mediciones se tiene de 59.98 Hz a 60Hz.

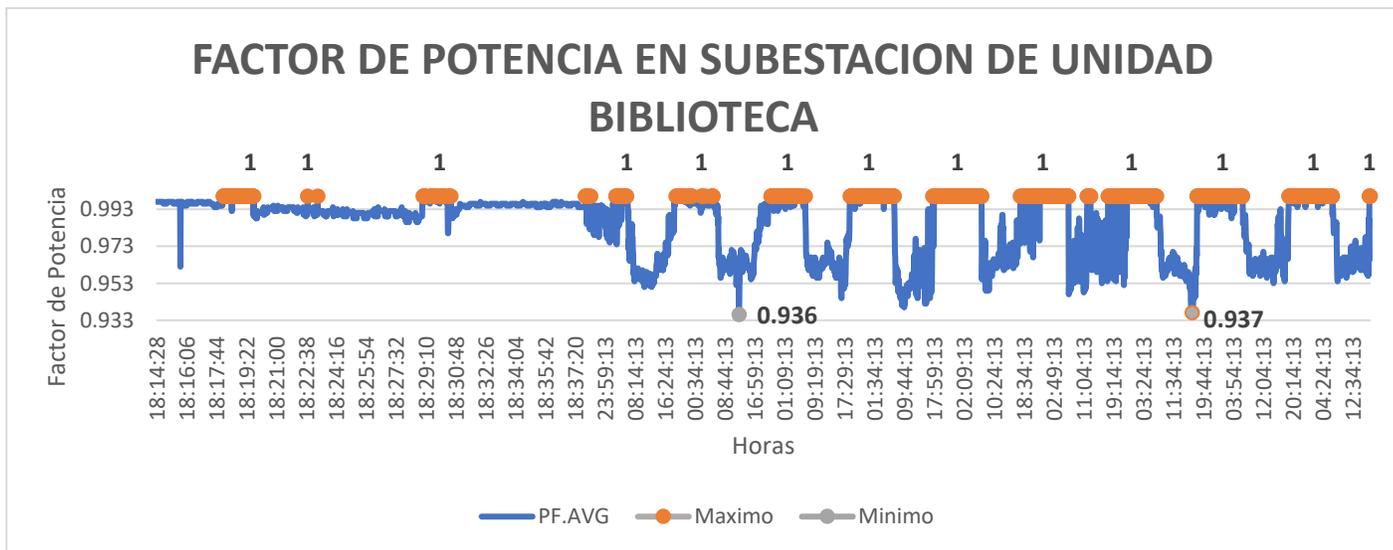


Ilustración 86 Factor de Potencia obtenida de resultados de medición

Según el análisis de moda y mediana siguientes se tiene que no hay problemas de factor de potencia en el edificio ya que predomina el factor de potencia por encima de los 0.95.

- **Moda para datos agrupados**

$Mo = 1$, por lo que es la lectura de factor de potencia que más se obtuvo en la toma de datos del analizador de potencia

- **Mediana para datos agrupados:** resolvemos para obtener el valor medio medido obteniendo

$\tilde{x} = Me = 0.994$, Por lo que es el dato con posición central del conjunto de datos ordenados.

- **Desviación Estándar:** La utilizamos para la obtención de la variación o dispersión de que los datos difieren de la media

Obteniendo: $s = 0.015957692$

- **Cuartiles:** Son tres valores de las variables que dividen un conjunto de datos en cuatro partes iguales, usamos la formula siguiente para el caso de datos agrupados:

Obteniendo:

$Q_1 = Percentil_{25} = 0.973$, Mediana de la primera mitad de los datos obtenidos

$Q_2 = Percentil_{50} = Mediana = 0.994$

$Q_3 = Percentil_{75} = 1$, Mediana de la segunda mitad de datos.

Se realizo un Histograma a partir de los datos que se obtuvieron para Las Frecuencias obtenidas y con ello la gráfica siguiente:

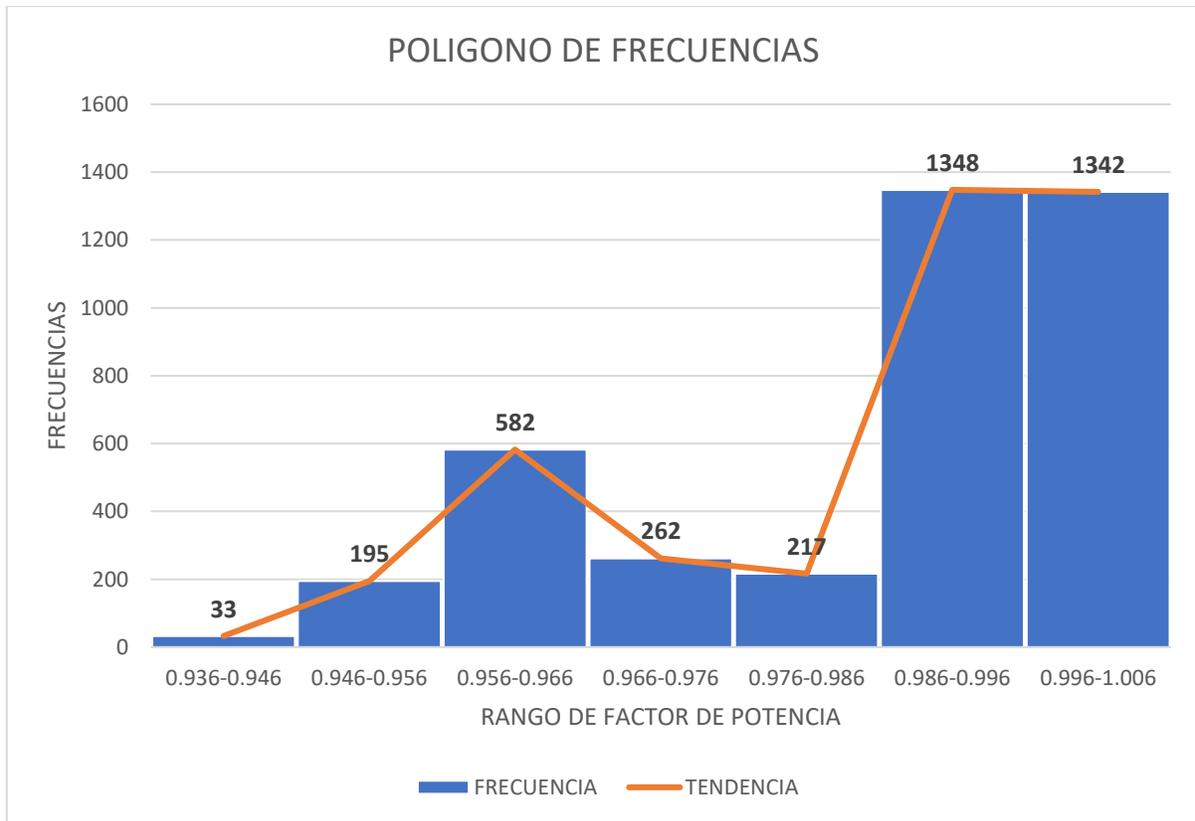


Ilustración 87 Gráfico de Frecuencias resultado de mediciones de Factor de Potencia

Según el polígono de frecuencias se tiene que la mayoría de mediciones de factor de potencia es de 0.986 al 0.996 en segundo lugar de 0.996 al 1.006, y el mínimo de frecuencias de 0.936 a 0.946, según el acuerdo 192-E-2004 de SIGET los límites de Factor de Potencia Admitido para usuarios con demandas superiores a 10kW es de 0.90 por lo que se concluye que el edificio Unidad Bibliotecaria tienen valores aceptables de factor de potencia.

LECTURAS DE CORRIENTES PARA LA FASE “A” DEL EDIFICIO UNIDAD BIBLIOTECARIA UES FMO

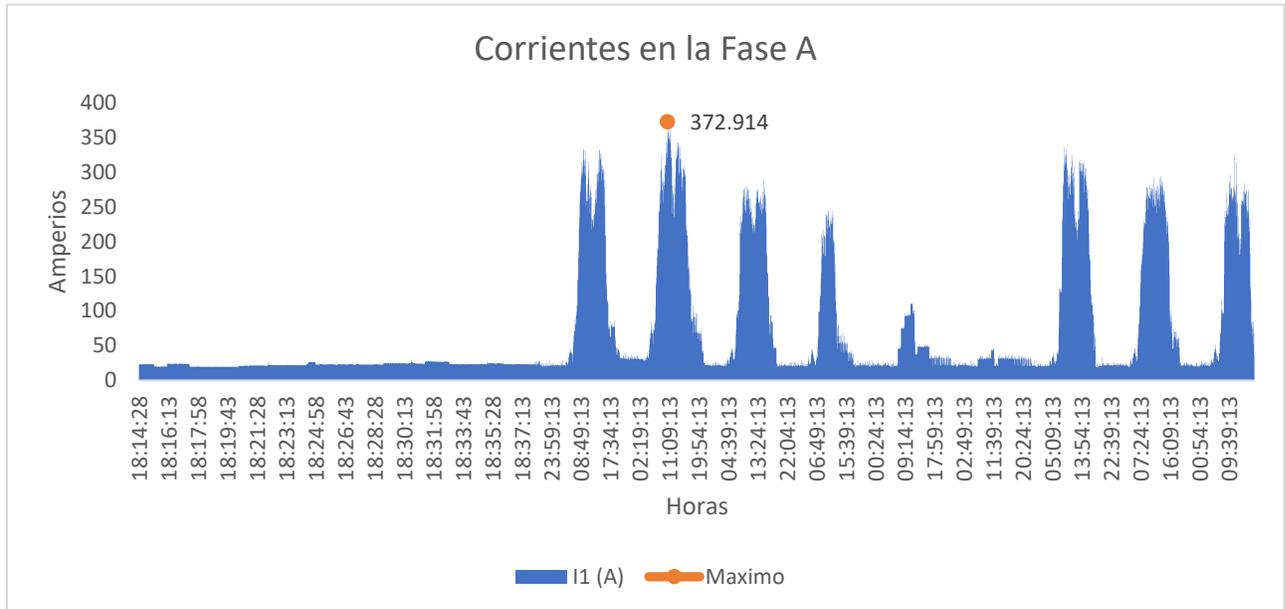


Ilustración 88 Corrientes para la Fase A

Como se observa tenemos un consumo de alta corriente para los días medidos por encima de los 300 Amp para la fase A, con esta forma de gráfico se nota los horarios de ocupación del edificio y la capacidad instalada para la fase A.

- **Moda para datos agrupados**

$Mo = 22.966 A$, por lo que es la lectura de Corriente que más se obtuvo en la toma de datos del analizador de potencia

- **Mediana para datos agrupados:** resolvemos para obtener el valor medio medido obteniendo

$\tilde{x} = Me = 24.4375$, Por lo que es el dato con posición central del conjunto de datos ordenados.

- **Desviación Estándar:** La utilizamos para la obtención de la variación o dispersión de que los datos difieren de la media

Obteniendo: $s = 88.57984728$

- **Cuartiles:** Son tres valores de las variables que dividen un conjunto de datos en cuatro partes iguales, usamos la fórmula siguiente para el caso de datos agrupados:

Obteniendo:

$Q_1 = \text{Percentil}_{25} = 22.079$, Mediana de la primera mitad de los datos obtenidos

$Q_2 = \text{Percentil}_{50} = \text{Mediana} = 24.4375$

$Q_3 = \text{Percentil}_{75} = 54.6385$, Mediana de la segunda mitad de datos.

Se realizo un Histograma a partir de los datos que se obtuvieron para Las Frecuencias obtenidas y con ello la gráfica siguiente:

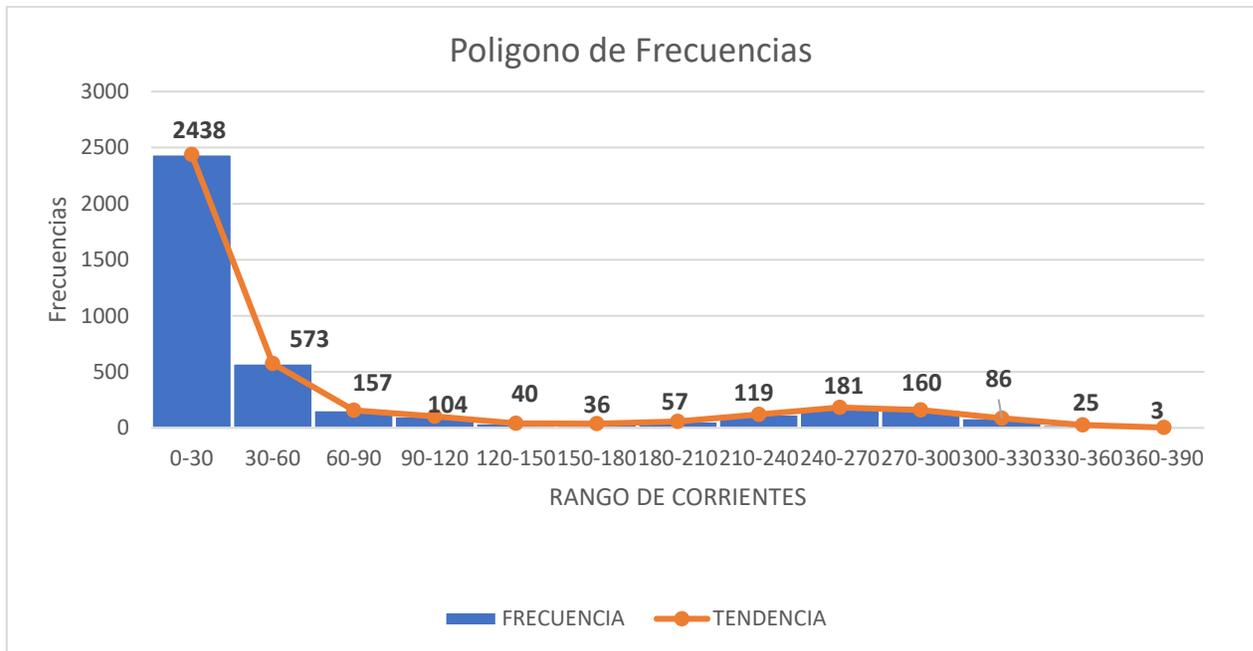


Ilustración 89 Grafico de frecuencias para resultado de mediciones de Corrientes en la fase A

Según el grafico de Frecuencia se ve la cantidad de medición en el intervalo de 0 a 30 Amperios

LECTURAS DE CORRIENTES PARA LA FASE “B” DEL EDIFICIO UNIDAD BIBLIOTECARIA UES FMO

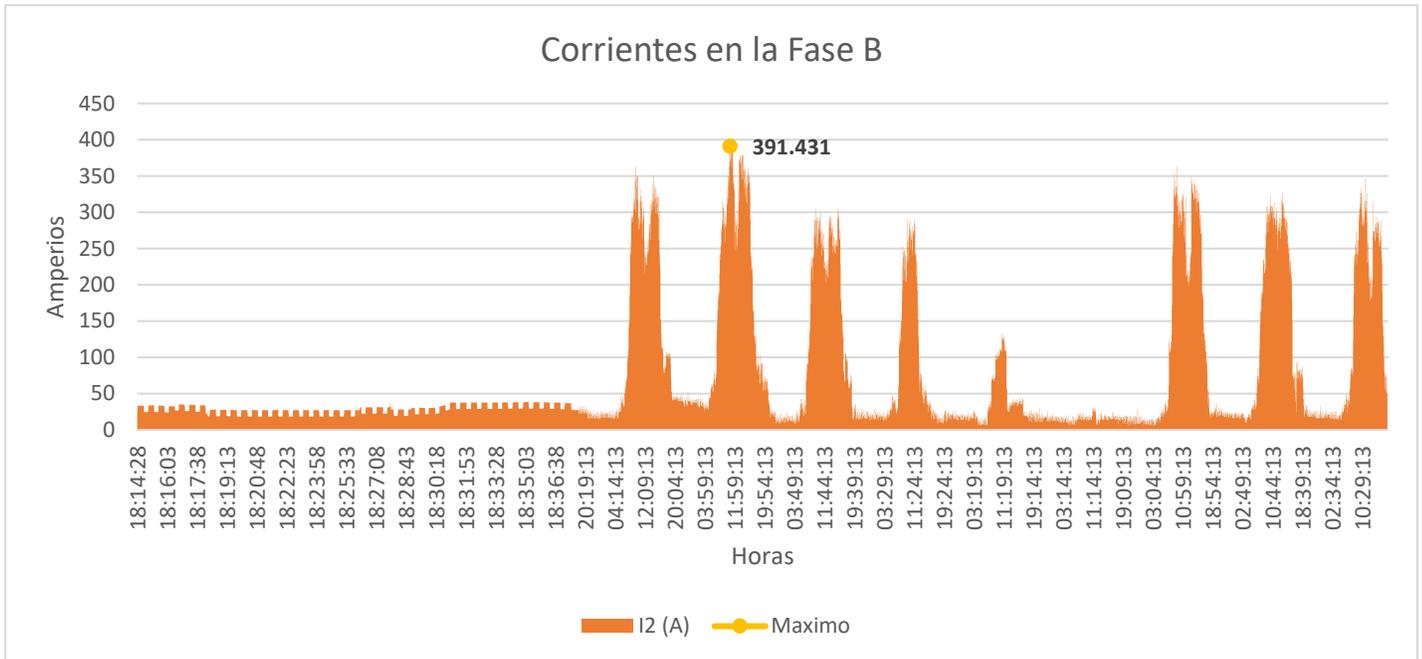


Ilustración 90 Corrientes para la Fase B

- **Moda para datos agrupados**
 $Mo = 18.421 A$, por lo que es la lectura de Corriente que más se obtuvo en la toma de datos del analizador de potencia
- **Mediana para datos agrupados:** resolvemos para obtener el valor medio medido obteniendo
 $\tilde{x} = Me = 28.296$, Por lo que es el dato con posición central del conjunto de datos ordenados.
- **Desviación Estándar:** La utilizamos para la obtención de la variación o dispersión de que los datos difieren de la media
Obteniendo: $s = 95.635548$
- **Cuartiles:** Son tres valores de las variables que dividen un conjunto de datos en cuatro partes iguales, usamos la formula siguiente para el caso de datos agrupados:
 Obteniendo:

$Q_1 = \text{Percentil}_{25} = 19.396$, Mediana de la primera mitad de los datos obtenidos

$Q_2 = \text{Percentil}_{50} = \text{Mediana} = 28.296$

$Q_3 = \text{Percentil}_{75} = 53.065$, Mediana de la segunda mitad de datos.

Se realizo un Histograma a partir de los datos que se obtuvieron para Las Frecuencias obtenidas y con ello la gráfica siguiente:

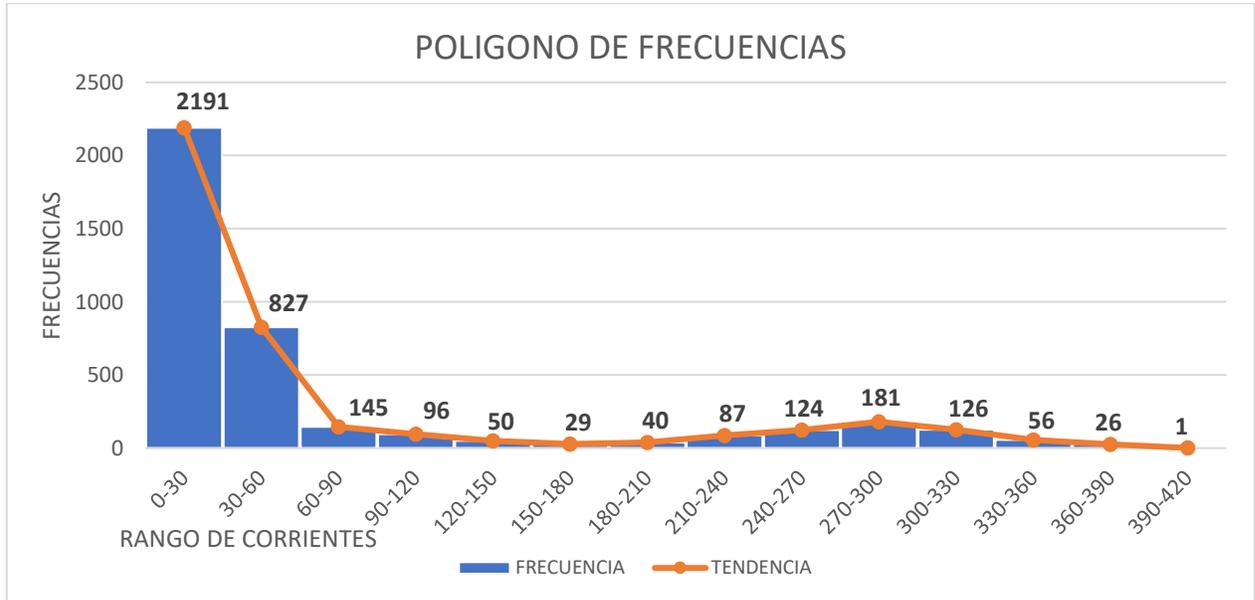


Ilustración 91 Grafico de frecuencias para resultado de mediciones de Corrientes en la fase B

CLECTURAS DE CORRIENTES PARA LA FASE “C” DEL EDIFICIO UNIDAD BIBLIOTECARIA UES FMO

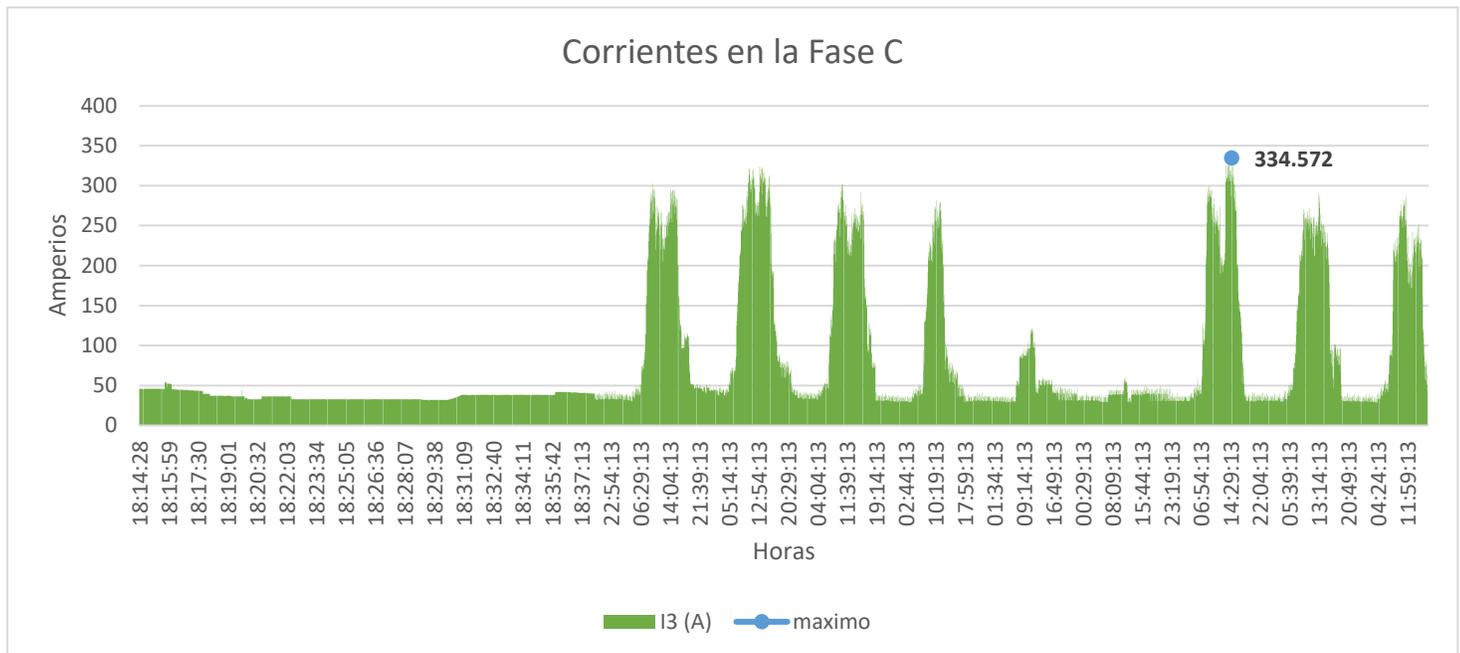


Ilustración 92 Corrientes para la fase C

- **Moda para datos agrupados**

$Mo = 32.717 A$, por lo que es la lectura de Corriente que más se obtuvo en la toma de datos del analizador de potencia

- **Mediana para datos agrupados:** resolvemos para obtener el valor medio medido obteniendo

$\tilde{x} = Me = 38.621$, Por lo que es el dato con posición central del conjunto de datos ordenados.

- **Desviación Estándar:** La utilizamos para la obtención de la variación o dispersión de que los datos difieren de la media

Obteniendo: $s = 80.3529$

- **Cuartiles:** Son tres valores de las variables que dividen un conjunto de datos en cuatro partes iguales, usamos la formula siguiente para el caso de datos agrupados:

Obteniendo:

$Q_1 = Percentil_{25} = 33.05$, Mediana de la primera mitad de los datos obtenidos

$Q_2 = Percentil_{50} = Mediana = 38.621$

$Q_3 = Percentil_{75} = 66.3925$, Mediana de la segunda mitad de datos.

Se realizo un Histograma a partir de los datos que se obtuvieron para Las Frecuencias obtenidas y con ello la gráfica siguiente:

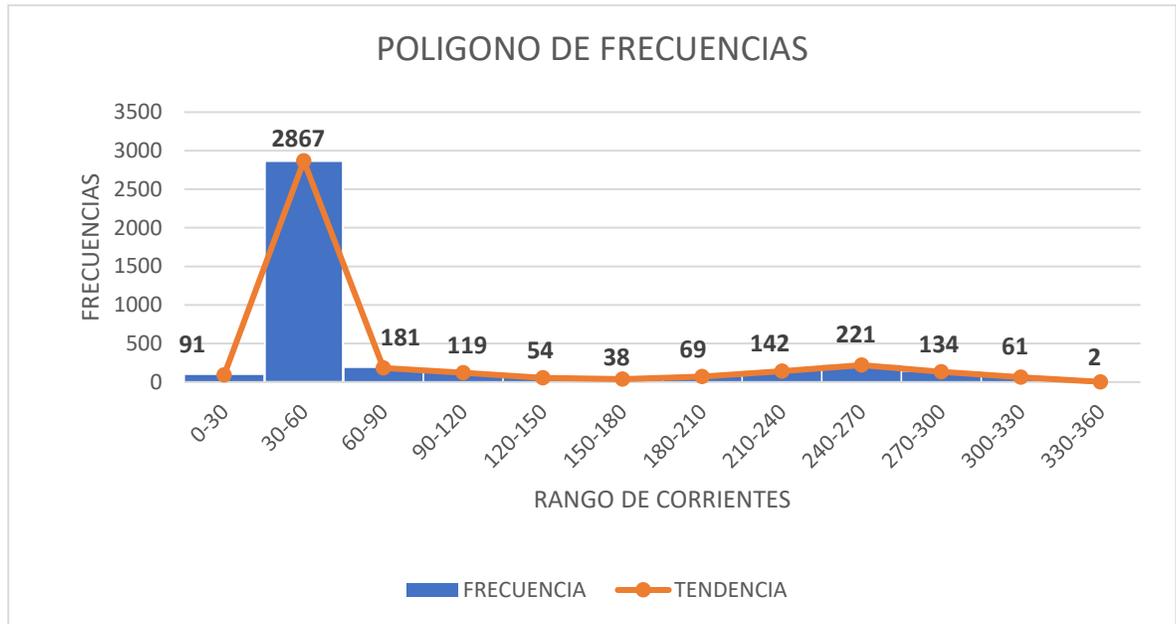


Ilustración 93 Grafico de Frecuencias para lecturas de corrientes de la fase C

Consumos kWh Para El Edificio Tomado Para 8 Días Completos:

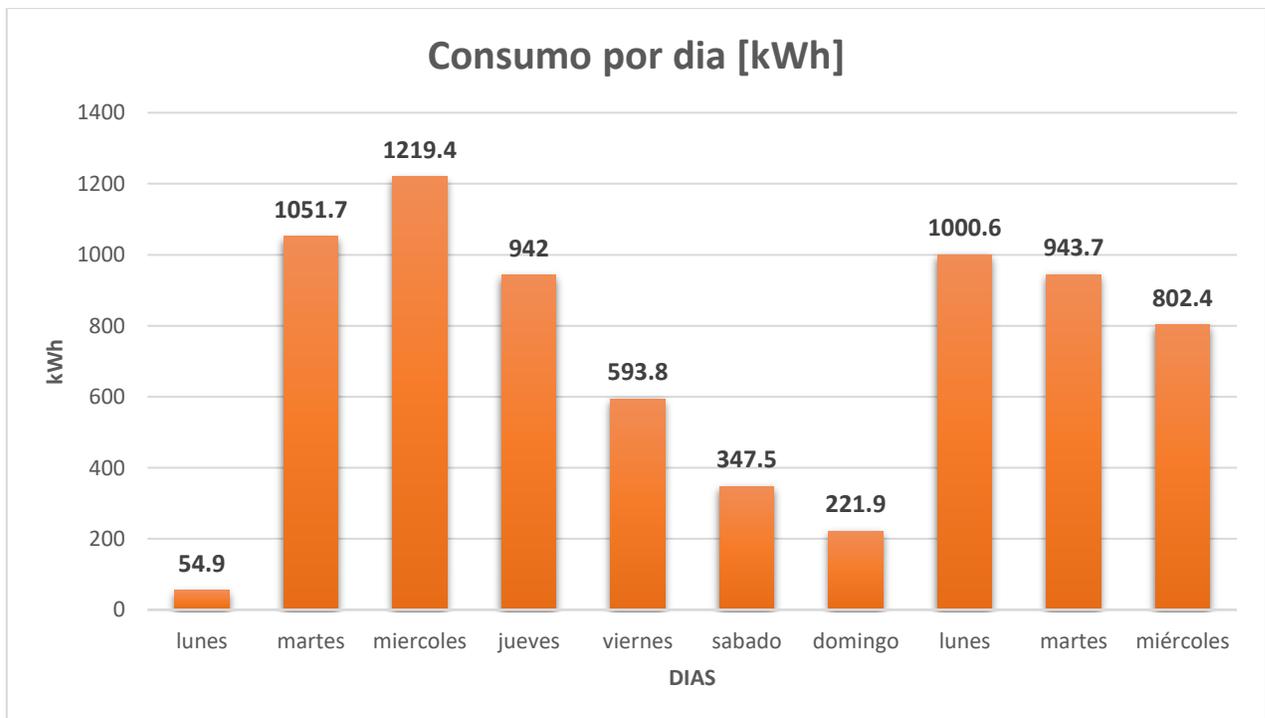


Ilustración 94 lecturas de Consumo en kWh por dia

Se realizó la medición con el analizador de redes instalándolo el 22/5/2023 a las 5 Pm en la subestación del edificio por lo que la toma de datos se tomara en cuenta desde el martes 23/5/2023 al martes 30/5/2023 tomando en cuenta 8 días completos como se muestra en la siguiente tabla:

| Días | CONSUMO EN KWH | kWh |
|-----------|----------------|--------|
| lunes | 22/5/2023 | 54.9 |
| martes | 23/5/2023 | 1051.7 |
| miércoles | 24/5/2023 | 1219.4 |
| jueves | 25/5/2023 | 942 |
| viernes | 26/5/2023 | 593.8 |
| sábado | 27/5/2023 | 347.5 |
| domingo | 28/5/2023 | 221.9 |
| lunes | 29/5/2023 | 1000.6 |
| martes | 30/5/2023 | 943.7 |
| miércoles | 31/5/2023 | 802.4 |
| TOTAL | | 7177.9 |

Según las lecturas podemos ver que el miércoles 24/5/2023 se consumió 1219.4 kWh siendo el día de mayor consumo, a partir de estos datos tenemos un consumo promedio de **790.075 kWh**, con este dato podemos decir que mensualmente el edificio consume:

$$790.075 \text{ kWh} * 30 = 23702.25 \text{ kWh}$$

Consumo por mes: **23,702.25 kWh**

Tabla 3 Detalle de lecturas obtenidas en edificio unidad biblioteca UES FMO

Capturas de tomas con cámara termográfica a subtableros de Aires Acondicionados:

En las observaciones visuales se encontraron Aires acondicionados en muy mal estado y con Refrigerantes R22 el cual pertenece al grupo de los Hidroclorofluorocarbonos (HCFC), compuestos que dañan la capa de ozono por tal razón es un refrigerante prohibido desde el año 2015 lo que hace que conseguir dicho refrigerante se vuelva más alto en términos de dinero los mantenimientos, se realizaron tomas con una FLIR TG165 Cámara Térmica Puntual a los distintos sub gabinetes para alimentación eléctrica de dichos acondicionados teniendo las distintas observaciones de indicadores que afectan el rendimiento y eficiencia de consumo eléctrico.

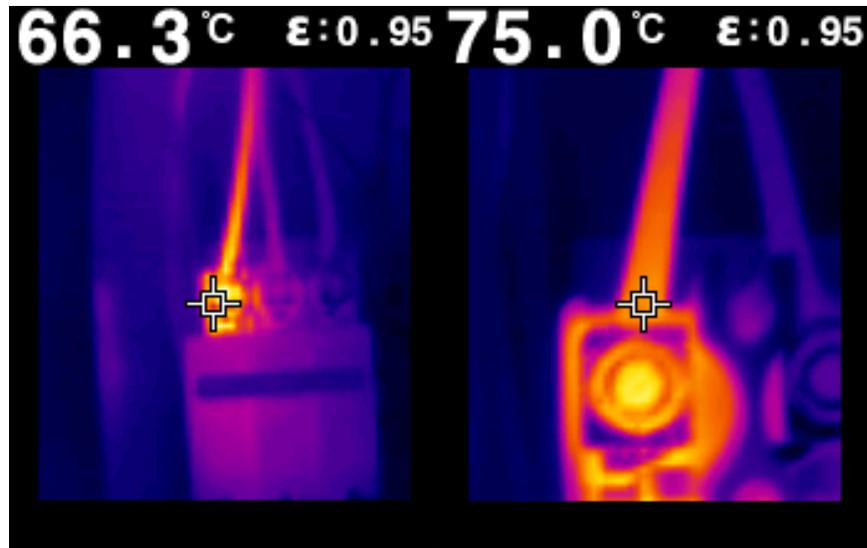


Ilustración 95 Captura tomada en su gabinete de alimentación de unidad condensadora

En la imagen se puede observar un calentamiento excesivo en la fase A y q recorre todo el alimentador lo que viene siendo un problema grave ya que el conductor como los bornes se dañan lo que puede provocar daños en el equipo a alimentar, la solución única es el remplazo de toda la instalación por una nueva y realizar pruebas en el equipo de aire acondicionado ya que por el tiempo de uso en ese estado ya no trabaje eficientemente.

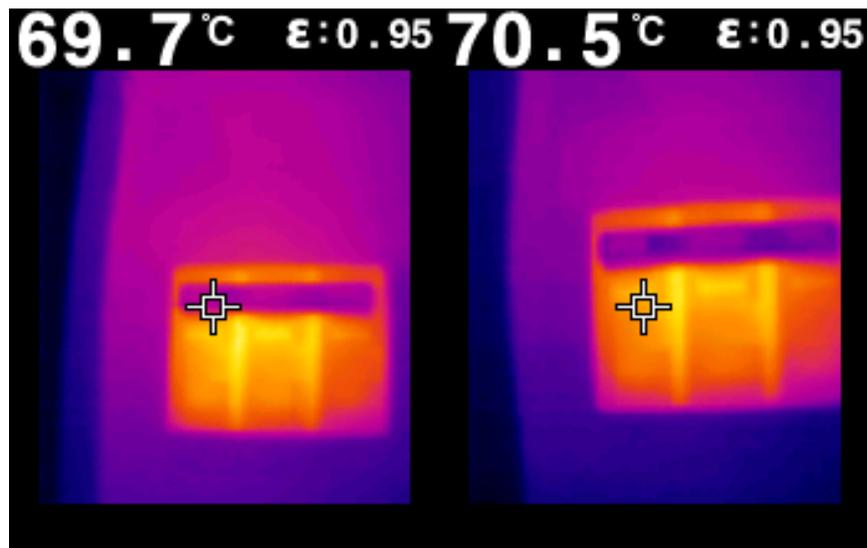


Ilustración 96 Captura tomada en su gabinete de alimentación de unidad condensadora

En otra toma se notó el calentamiento excesivo en las protecciones térmicas lo que llevaría a accionarse el térmico varias veces en el transcurso de uso del equipo, se verifico que la

capacidad del térmico de 3 polos es el adecuado por lo que ya es problema directo del compresor ya por el tiempo que tienen por lo que es ideal el remplazo de la unidad condensadora.

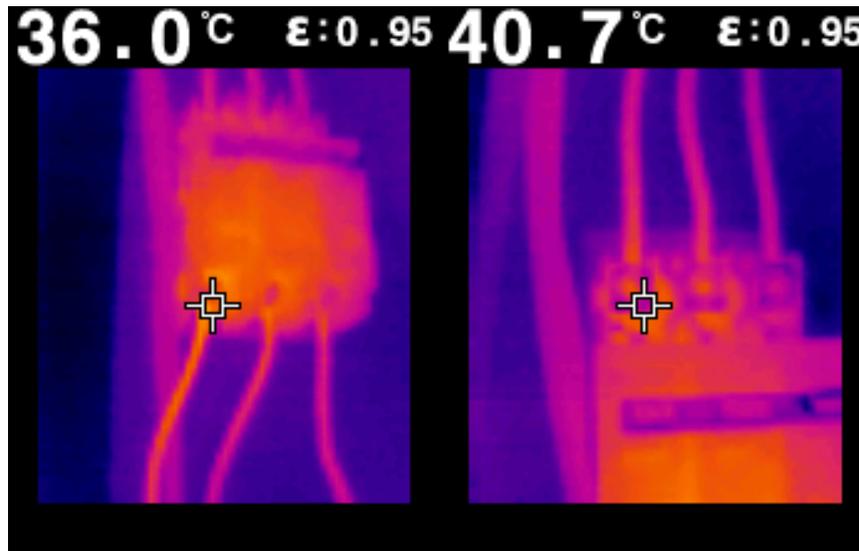


Ilustración 97 Captura tomada en su gabinete de alimentación de unidad condensadora

Se nota siempre el calentamiento excesivo entre la fase A y la fase B, aparte los alimentadores aguas arriba y aguas debajo de la protección lo que es parte de un desbalance provocado por el equipo al que está conectado.

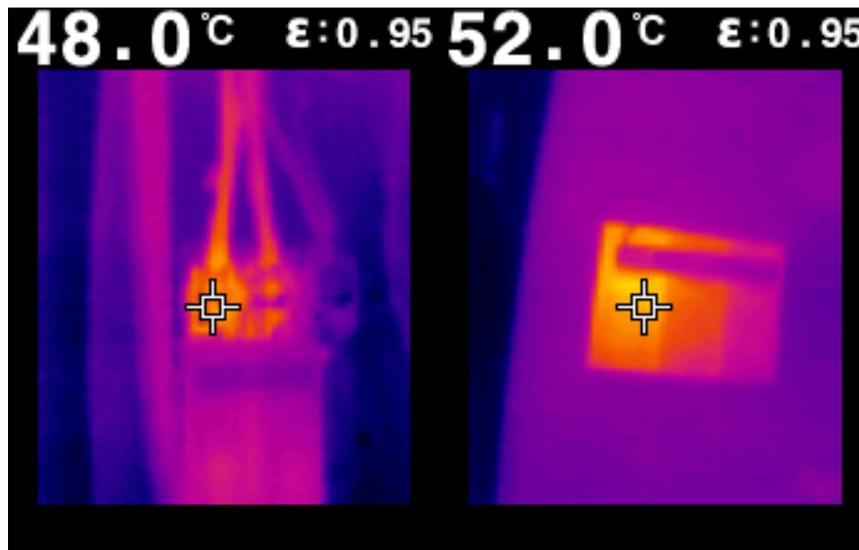


Ilustración 98 Captura tomada en su gabinete de alimentación de unidad condensadora

Notamos como aún se observa los desbalances en el calentamiento entre la fase A y fase B con la medición de corrientes se demuestra que existe desbalances no muy extremos pero que

si afectan directamente en los equipos trifásicos como se muestra en las capturas tomadas con la cámara.

5.3 Estudio de indicadores energéticos por medio de simulación de línea Base

5.3.1 Inspección de Campo del Edificio Unidad Bibliotecaria de la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental.

Para el desarrollo de este trabajo de graduación se requiere de la inspección de la edificación del objeto a estudiar y analizar, lo cual será recolectar información necesaria ya sea bibliográfica, estructural y eléctrica lo cual nos servirá como base fundamental para la construcción y simulación del edificio, la obtención de la línea base e indicadores energéticos, algunos puntos importantes a obtener serán los siguientes a continuación:

- Levantamiento eléctrico del edificio, tipo de iluminación, si es iluminaciones incandescentes, fluorescentes o tecnología led, equipos eléctricos como impresoras, computadoras, oasis, cafeteras etc.
- Levantamiento civil de la edificación, alturas de paredes, dimensiones de cada espacio de ocupación, dimensiones de puertas y ventanas, esto para la construcción del levantamiento en planta y en 3D del edificio.
- Entrevistar a los encargados de cada uno de los espacios de ocupación, también al personal de mantenimiento y limpieza, así se obtendrá información más exacta del uso de las instalaciones del edificio.
- Verificar cantidades de personas por espacios de ocupación estas serán personas que permanecen más tiempo en cada uno de los cubículos, es decir aquellas personas que laboran dentro de la edificación.
- Llevar a cabo una revisión de cómo se usa cada uno de los equipos eléctricos en el edificio, para obtener aquellas ineficiencias del mal uso de los equipos eléctricos dentro de la edificación.

5.3.2 Inspección Externa del Edificio Unidad Bibliotecaria

Durante la visita de inspección a las instalaciones externas del edificio se observó que este fue construido tomando en cuenta mucho su orientación con respecto a la zona Trópico de Cáncer, dicha orientación reduce las ganancias de calor por las mañanas y por las tardes. La ubicación

de las ventanas hace que el edificio permanezca bien ventilado ya que cuenta con ventanas manipulables y esto permite que el flujo de aire ingrese al interior del edificio, las paredes internas son parte de cierta retención de calor interno ya que no cuenta con aislantes térmicos, por ende, esto implica que cada espacio entre si aportan transferencia de calor entre sí.

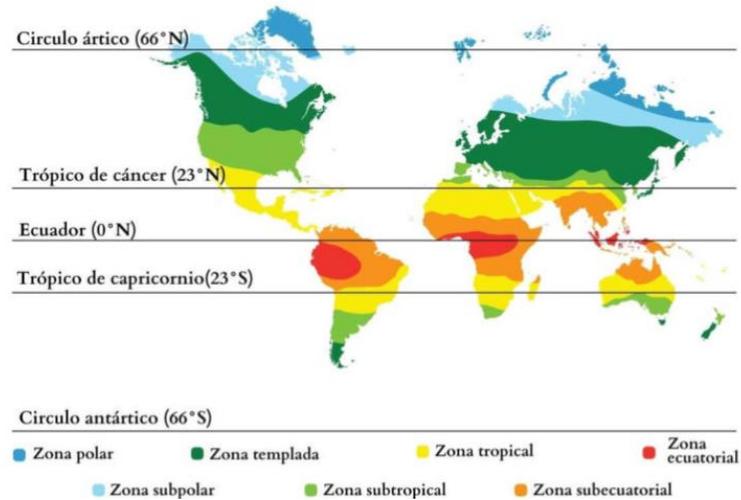


Ilustración 99 Fuente Google



Ilustración 100 Fachada de Unidad Bibliotecaria de la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental



Ilustración 101 Zona norte del edificio Unidad Bibliotecaria parte trasera

5.3.3 Inspección Interna del Edificio Unidad Bibliotecaria

En la inspección visual que se realizó dentro de las instalaciones del edificio se observó que gran parte de iluminación cuenta con lámparas fluorescente, esto implica que el 100% de la energía disponible de entrada, únicamente un 28% logra convertirse en radiación visible (luz). El restante 72% se pierde en forma de calor u otras pérdidas, tal y como se observa en la siguiente imagen:

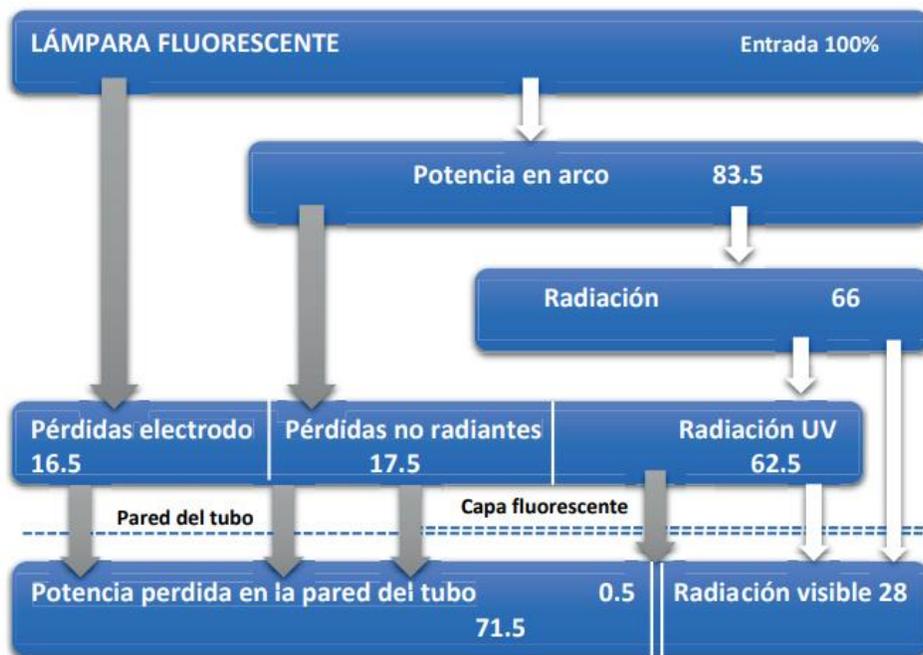


Ilustración 102 Eficiencia de la lámpara Fluorescente

Cada cubículo de ocupación en el edificio cuenta con equipo eléctrico de oficina como; router, oasis, impresoras, computadoras, impresoras, etc. Se encontró que gran parte de los espacios del edificio cuenta con equipo de climatización artificial par un mejor confort hacia el personal, se verifico que los equipos de aires acondicionados son convencionales y esto implica un mayor consumo de energía eléctrica, por la poca eficiencia en su funcionamiento y se pudo observar que la gran mayoría están en muy mal estado, tal y como se observa en la siguiente imagen.



Ilustración 103 Condensador de 5T

Como se puede observar en la ilustración 105, el equipo ya está bastante deteriorado, el funcionamiento del motor y compresor presentan deficiencias considerables y por ende causa calentamiento en el mismo y esto implica un mayor consumo eléctrico anormal en el funcionamiento del equipo. A causa de que el equipo ya haya cumplido con su vida útil y aun los siguen utilizando estos presentan puntos calientes ya sea en el conductor eléctrico, protección y equipo, como se muestra en la siguiente ilustración:



Ilustración 104 Captura termográfica de protección de equipo AA

Dentro de las instalaciones del edificio hay carga de equipo electrónico que esta siempre consumiendo energía ya que es parte de los servidores informáticos y de señal de datos de la infraestructura dentro del edificio.

5.3.4 Descripción de la infraestructura del Edificio Unidad Bibliotecaria de la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental, Utilizada en la Simulación de OpenStudio.

Techos y cielo falso.

Losa:

La separación del primer y segundo nivel consta de una losa de concreto reforzado con acero de 40 cm de espesor, para la simulación esta separación la definimos como división adiabática ya que consideramos que no hay transferencia de calor entre el primer y segundo nivel del edificio.

Cielo Falso:

Cada cubículo de ocupación este encielado con perfilera de aluminio y cielo tipo loseta vinil blanco, una limitante durante la simulación fue que el cielo falso del primer nivel y piso del segundo nivel se le asignaron como adiabáticos, se consideró cielo falso solo en el segundo nivel.

Paredes.

Pared de concreto:

Para las paredes exteriores están compuestas con bloque de 20 cm reforzada con acero y teniendo un acabado con repello de concreto, pintura acrílica de aceite, estas paredes están expuestas al calor del sol reciben luz directa por ende hay transferencia de calor hacia el interior del edificio.

Pared tabla roca:

En las divisiones de los cubículos estas díselas con pared tabla roca y armazón de hierro galvanizado, estas divisiones por lo general transfieren calor de un cubículo a otro, el programa simula esta transferencia de calor entre espacios.

Ventanas.

Como ya antes se había mencionado la posición del edificio esta según predominan los vientos en la zona del trópico de cáncer, es decir las ventanas están ubicadas de norte a sur y son ventanas manipulables lo que favorece a la climatización del edificio, ya que no reciben la luz solar directamente esto disminuye la transferencia de calor a través de las ventanas del edificio.

Puertas.

El edificio cuenta con puertas de dos tipos, las cuales se describen a continuación:

Puerta de Vidrio:

Para la simulación se designó puertas de vidrio de 6 mm de grosor, La transferencia de calor a través de una puerta de vidrio de 6mm se produce por conducción y radiación. El vidrio es un sólido que transmite el calor por conducción, mientras que su característica transparente permite la transmisión de calor por radiación. En ambos casos, intervienen fenómenos de convección superficial.

Puerta de Madera:

Cada cubículo cuenta con puertas de madera de 5mm La transferencia de calor en las puertas de madera de 5 mm de espesor depende de varios factores, como la conductividad térmica de la madera, la diferencia de temperatura entre los dos lados de la puerta, la superficie de la puerta

y el coeficiente de transferencia de calor. La conductividad térmica de la madera varía según la especie de madera y la dirección de la fibra. En general, la conductividad térmica de la madera es baja, lo que significa que es un buen aislante térmico.

Actividad y ocupación del edificio

En el edificio es muy recurrente ver estudiantes en los pasillos y el área de estudio colectivo, al igual que la utilización de algunas áreas y cubículos como por ejemplo las salas de internet y de cómputo, Igual los empleados administrativos y docentes que imparten clases, todo esto sucede desde las 8:00 AM hasta las 4:00 PM de lunes a viernes, tomando en cuenta los días de asueto y el Inter ciclo en el que solo asisten los empleados, la actividad de las personas se toma en cuenta a partir de la siguiente tabla los valores típicos de calor sensible y calor latente en función de la actividad:

| Grado de Actividad | Aplicación típica | OCUP-Q-SEN (W/persona) | OCUP-Q-LAT (W/persona) |
|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------|------------------------|
| Sentado en teatro | Teatro (Matinal) | 65 | 30 |
| Sentado en teatro | Teatro (Tarde) | 70 | 30 |
| Sentado, trabajo ligero | Oficinas, hoteles, apartamentos | 70 | 45 |
| Trabajo de oficina moderado | Oficinas, hoteles, apartamentos | 75 | 55 |
| De pie, trabajo ligero, andando | Grandes almacenes, venta al por menor | 75 | 55 |
| Caminando, de pie | Farmacia, banco | 75 | 70 |
| Trabajo sedentario | Restaurante | 80 | 80 |
| Baile moderado | Pistas de baile | 90 | 160 |
| Andando, trabajo ligero | Fábrica | 110 | 185 |
| Jugar a los bolos | Boleras | 170 | 255 |
| Trabajo duro | Fábrica | 170 | 255 |
| Trabajo, maquinaria pesada | Fábrica | 185 | 285 |
| Atletismo | Gimnasio | 210 | 315 |

Ilustración 105 Valores típicos de calor sensible y latente por ocupante, en función de la actividad (Fuente: ASHRAE 1989 Handbook of Fundamentals, Tabla 3, p. 26.7.)

5.3.5 Censo de cargas en el edificio por áreas:

Se realizó un censo de cargas por cubículos para determinar las cargas por lo que se tiene lo siguiente para el nivel 1:

| ESPACIO | CARGA | DESCRIPCION DE EQUIPO | CANTIDAD | POTENCIA [W] | POTENCIA TOTAL [W] |
|---|-------------|--------------------------------------|----------|--------------|--------------------|
| UNIDAD BIBLIOTECARIA: PRIMER NIVEL | | | | | |
| GRADAS OESTE | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 2 | 180 | 360 |
| GRADAS ESTE | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 2 | 180 | 360 |
| LABORATORIO DE COMPUTO 1 | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 12 | 180 | 2160 |
| | ELECTRICO | Pantalla huawei | 1 | 67 | 67 |
| | ELECTRICO | Computadora de escritorio | 30 | 300 | 9000 |
| | ELECTRICO | Router | 1 | 5 | 5 |
| LABORATORIO DE COMPUTO 2 | PERSONAL | Personal administrativo | 1 | 0 | 0 |
| | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 12 | 180 | 2160 |
| | ELECTRICO | Pantalla huawei | 1 | 67 | 67 |
| | ELECTRICO | Router | 2 | 5 | 10 |
| | ELECTRICO | Proyector de pantalla | 1 | 1780 | 1780 |
| CENTRO DE COMPUTO | ELECTRICO | Computadora de escritorio | 16 | 300 | 4800 |
| | PERSONAL | Personal administrativo | 1 | 0 | 0 |
| | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 24 | 180 | 4320 |
| | ELECTRICO | Computadora de escritorio | 47 | 300 | 14100 |
| | ELECTRICO | Pantalla huawei | 1 | 67 | 67 |
| LABORATORIO DE IDIOMAS 1 | ELECTRICO | Router | 2 | 5 | 10 |
| | ELECTRICO | Oasis | | 510 | 0 |
| | ELECTRICO | Ventilador de techo | 6 | 65 | 390 |
| | ELECTRICO | Router | 2 | 5 | 10 |
| | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 12 | 180 | 2160 |
| LABORATORIO DE IDIOMAS 2 | ELECTRICO | Computadora de escritorio | 1 | 300 | 300 |
| | PERSONAL | Personal administrativo | 1 | 0 | 0 |
| | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 6 | 180 | 1080 |
| AREA DE PRESERVACION CONSERVACION | ELECTRICO | Ventilador de techo | 1 | 65 | 65 |
| | ELECTRICO | Computadora de escritorio | 1 | 300 | 300 |
| | PERSONAL | Personal administrativo | 1 | 0 | 0 |
| | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 3 | 180 | 540 |
| CLINICA DE ATENCION PSICOLOGICA 1 | ELECTRICO | Oasis | 1 | 510 | 510 |
| | ELECTRICO | Maquina escribir | 1 | 67 | 67 |
| | ELECTRICO | Ventilador de techo | 1 | 65 | 65 |
| | ELECTRICO | Impresora canon | 1 | 300 | 300 |
| | PERSONAL | Personal administrativo | 1 | 0 | 0 |
| CLINICA DE ATENCION PSICOLOGICA 2 | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 3 | 180 | 540 |
| | ELECTRICO | Oasis | 1 | 510 | 510 |
| | ELECTRICO | Impresora canon | 1 | 300 | 300 |
| | ELECTRICO | Ventilador de pedestal | 1 | 67 | 67 |

| | | | | | |
|------------------------------|-------------|--------------------------------------|----|-----|------|
| | PERSONAL | Personal administrativo | 1 | 0 | 0 |
| JEFATURA | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 9 | 180 | 1620 |
| | ELECTRICO | Ventilador de techo | 2 | 65 | 130 |
| | ELECTRICO | Oasis | 1 | 510 | 510 |
| | ELECTRICO | Computadora de escritorio | 2 | 300 | 600 |
| | ELECTRICO | Router | 1 | 5 | 5 |
| | PERSONAL | Personal administrativo | 1 | 0 | 0 |
| BAÑO HOMBRE | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 4 | 180 | 720 |
| BAÑO MUJERES | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 4 | 180 | 720 |
| BODEGA | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 1 | 180 | 180 |
| SALA DE INTERNET | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 6 | 180 | 1080 |
| | ELECTRICO | Computadora de escritorio | 4 | 300 | 1200 |
| | ELECTRICO | Ventilador de techo | 2 | 65 | 130 |
| | ELECTRICO | Router | 2 | 5 | 10 |
| | PERSONAL | Personal administrativo | 1 | 0 | 0 |
| AREA DE TESIARIO | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 30 | 180 | 5400 |
| | ELECTRICO | Ventilador de techo | 4 | 65 | 260 |
| | ELECTRICO | Computadora escritorio | 7 | 300 | 2100 |
| | ELECTRICO | Impresora canon | 1 | 300 | 300 |
| | ELECTRICO | Router | 1 | 5 | 5 |
| | PERSONAL | Personal administrativo | 4 | 0 | 0 |
| SALA DE ESTUDIO INDIVIDUAL | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 9 | 180 | 1620 |
| | ELECTRICO | Ventilador de techo | 6 | 65 | 390 |
| SALA DE LECTURA COLECTIVA 1 | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 20 | 180 | 3600 |
| | ELECTRICO | Router | 3 | 5 | 15 |
| | ELECTRICO | Ventilador de techo | 10 | 65 | 650 |
| SALA DE LECTURA COLECTIVA 2 | ELECTRICO | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 4 | 180 | 720 |
| | ELECTRICO | Router | 1 | 5 | 5 |
| | ELECTRICO | Ventilador de techo | 3 | 65 | 195 |
| VIDEOTECA | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 24 | 180 | 4320 |
| | ELECTRICO | Ventilador de techo | 7 | 65 | 455 |
| | ELECTRICO | Router | 1 | 5 | 5 |
| | ELECTRICO | Computadora de escritorio | 1 | 300 | 300 |
| | ELECTRICO | Ventilador de pedestal | 1 | 67 | 67 |
| | ELECTRICO | Pantalla 8" | 1 | 67 | 67 |
| | ELECTRICO | Telefono de oficina | 1 | 5 | 5 |
| | PERSONAL | Personal administrativo | 1 | 0 | 0 |
| CORREDOR Y ENTRADA PRINCIPAL | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 16 | 180 | 2880 |
| | ELECTRICO | Router | 4 | 5 | 20 |
| | ELECTRICO | Oasis | 1 | 510 | 510 |

Tabla 4 Levantamiento de Cargas Eléctricas para el nivel 1 de la Unidad Bibliotecaria UES FMO

Para el nivel 2 se tiene lo siguiente:

| ESPACIO | CARGA | DESCRIPCION DE EQUIPO | CANTIDAD | POTENCIA [W] | POTENCIA TOTAL [W] |
|--|-------------|--------------------------------------|----------|--------------|--------------------|
| UNIDAD BIBLIOTECARIA: SEGUNDO NIVEL | | | | | |
| GRADAS OESTE | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 2 | 180 | 360 |
| GRADAS ESTE | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 2 | 180 | 360 |
| COORDINACION DE GENERO | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 4 | 180 | 720 |
| | ELECTRICO | Oasis | 1 | 510 | 510 |
| | ELECTRICO | Ventiladores de techo | 3 | 65 | 195 |
| | ELECTRICO | Teléfono de oficina | 2 | 5 | 10 |
| SALA DE REALIDAD VIRTUAL | PERSONAL | Personal administrativo | 1 | | |
| | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 16 | 180 | 2880 |
| | ELECTRICO | Router | 1 | 5 | 5 |
| SALA DE REALIDAD VIRTUAL | PERSONAL | Personal administrativo | 1 | | |
| | ILUMINACION | Lampara led tipo panel 2x2 40w | 28 | 40 | 1120 |
| | ELECTRICO | Computadora | 22 | 300 | 6600 |
| | ELECTRICO | Pantalla 80" | 1 | 67 | 67 |
| | ELECTRICO | Monitores | 4 | 150 | 600 |
| | ELECTRICO | Cascos de realidad virtual 1a 5v | 20 | 5 | 100 |
| | ELECTRICO | Router | 2 | 5 | 10 |
| | ELECTRICO | Ups 1kva | 6 | 1000 | 6000 |
| | ELECTRICO | Interruptor de red | 4 | 500 | 2000 |
| APOYO LOGISTICO | PERSONAL | Personal administrativo | 1 | | 0 |
| | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 2 | 180 | 360 |
| | ELECTRICO | Ventilador de techo | 1 | 65 | 65 |
| TALLER | PERSONAL | Personal administrativo | 1 | | 0 |
| | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 2 | 180 | 360 |
| | ELECTRICO | Oasis | 1 | 510 | 510 |
| | ELECTRICO | Cafetera | 1 | 1090 | 1090 |
| | ELECTRICO | Computadoras de escritorio | 6 | 300 | 1800 |
| | ELECTRICO | Impresora canon | 1 | 300 | 300 |
| | ELECTRICO | Teléfono de oficina | 1 | 5 | 5 |
| | ELECTRICO | Router | 1 | 5 | 5 |
| JEFATURA BIBLIOTECA | PERSONAL | Personal administrativo | 5 | | 0 |
| | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 4 | 180 | 720 |
| | ELECTRICO | Ventilador de techo | 2 | 65 | 130 |
| | ELECTRICO | Oasis | 1 | 510 | 510 |
| | ELECTRICO | Computadora de escritorio | 1 | 300 | 300 |
| | ELECTRICO | Router | 1 | 5 | 5 |
| | PERSONAL | Personal administrativo | 2 | | 0 |
| | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 2 | 180 | 360 |

| | | | | | |
|---|-------------|--------------------------------------|----|------|------|
| UNIDAD DE PLANIFICACION Y ASESORIA | ELECTRICO | Ventilador de techo | 1 | 65 | 65 |
| | ELECTRICO | Personal administrativo | 1 | | 0 |
| UNIDAD DE PLANIFICACION Y ASESORIA | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 2 | 180 | 360 |
| | ELECTRICO | Oasis | 1 | 510 | 510 |
| | ELECTRICO | Teléfono de oficina | 1 | 5 | 5 |
| | ELECTRICO | Ventilador de techo | 1 | 65 | 65 |
| | ELECTRICO | Router | 1 | 5 | 5 |
| | PERSONAL | Personal administrativo | 2 | | 0 |
| DEPARTAMENTO DE SISTEMAS INFORMATICOS | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 4 | 180 | 720 |
| | ELECTRICO | Oasis | 1 | 510 | 510 |
| | ELECTRICO | Computadora de escritorio | 4 | 300 | 1200 |
| | ELECTRICO | Impresora ploter 800 | 1 | 300 | 300 |
| | ELECTRICO | Fotocopiadora modelo m2640idw | 2 | 1600 | 3200 |
| | ELECTRICO | Router | 2 | 5 | 10 |
| | PERSONAL | Personal administrativo | 4 | | 0 |
| BAÑO HOMBRES | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 4 | 180 | 720 |
| BAÑO MUJERES | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 4 | 180 | 720 |
| DEPARAMENTO DE DESARROLLO Y COLECCIONES | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 3 | 180 | 540 |
| | ELECTRICO | Impresora de código de barras | 1 | 100 | 100 |
| | ELECTRICO | Ventiladores de techo | 1 | 65 | 65 |
| DEPARTAMENTO DE PROCESOS TECNICOS | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 3 | 180 | 540 |
| | ELECTRICO | Oasis | 1 | 510 | 510 |
| | ELECTRICO | Ventiladores de techo | 1 | 65 | 65 |
| | ELECTRICO | Impresora canon | 1 | 300 | 300 |
| | ELECTRICO | Computadora de escritorio | 2 | 300 | 600 |
| | ELECTRICO | Laptop | 1 | 120 | 120 |
| | ELECTRICO | Ventilador de pedestal | 1 | 55 | 55 |
| | ELECTRICO | Impresora cad barras | 1 | 300 | 300 |
| | ELECTRICO | Teléfono de oficina | 1 | 5 | 5 |
| | PERSONAL | Personal administrativo | 5 | | 0 |
| UNIDAD DE RECURSOS HUMANOS | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 13 | 180 | 2340 |
| | ELECTRICO | Oasis | 2 | 510 | 1020 |
| | ELECTRICO | Computadora de escritorio | 11 | 300 | 3300 |
| | ELECTRICO | Fotocopiadora modelo m2640idw | 5 | 1600 | 8000 |
| | ELECTRICO | Ventiladores de techo | 6 | 65 | 390 |
| | ELECTRICO | Cafetera | 1 | 1090 | 1090 |
| | ELECTRICO | Teléfono de oficina | 1 | 5 | 5 |
| | ELECTRICO | Escáner | 1 | 65 | 65 |
| | ELECTRICO | Teléfono de oficina | 1 | 5 | 5 |
| | ELECTRICO | Trituradora de papel | 1 | 324 | 324 |
| | PERSONAL | Personal administrativo | 8 | | 0 |

| | | | | | |
|----------------------------------|-------------|--------------------------------------|----|--------|--------|
| VIDE DECANATO | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 12 | 180 | 2160 |
| | ELECTRICO | Impresora canon | 2 | 300 | 600 |
| | ELECTRICO | Ventilador de techo | 3 | 65 | 195 |
| | ELECTRICO | Laptop | 2 | 120 | 240 |
| | ELECTRICO | Fotocopiadora modelo m2640idw | 1 | 1600 | 1600 |
| | ELECTRICO | Computadora de escritorio | 4 | 300 | 1200 |
| | ELECTRICO | Refrigeradora Mabe 106.27w | 1 | 106.27 | 106.27 |
| | ELECTRICO | Teléfono de oficina | 3 | 5 | 15 |
| | ELECTRICO | Cafetera | 1 | 1090 | 1090 |
| | ELECTRICO | Oasis | 1 | 510 | 510 |
| | ELECTRICO | Router | 2 | 5 | 10 |
| | ELECTRICO | Trituradora de papel 120v 3.5 A | 1 | 378 | 378 |
| | ELECTRICO | Ventilador de pedestal | 1 | 55 | 55 |
| | PERSONAL | Personal administrativo | 5 | | 0 |
| CARRERA DOCENTE Y MEDIO AMBIENTE | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 4 | 180 | 720 |
| | ELECTRICO | Oasis | 1 | 510 | 510 |
| | ELECTRICO | Fotocopiadora modelo m2640idw | 1 | 1600 | 1600 |
| | ELECTRICO | Computadora de escritorio | 1 | 300 | 300 |
| | PERSONAL | Personal administrativo | 0 | | 0 |
| JUNTA DIRECTIVA | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 4 | 180 | 720 |
| | ELECTRICO | Oasis | 1 | 510 | 510 |
| | ELECTRICO | Router | 1 | 5 | 5 |
| | ELECTRICO | Cafetera | 1 | 1090 | 1090 |
| | ELECTRICO | Pantalla Huawei | 1 | 67 | 67 |
| | PERSONAL | Personal administrativo | 0 | | 0 |
| ADMINISTRACION GENERAL | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 6 | 180 | 1080 |
| | ELECTRICO | Oasis | 1 | 510 | 510 |
| | ELECTRICO | Computadora de escritorio | 4 | 300 | 1200 |
| | ELECTRICO | Ventiladores de techo | 2 | 65 | 130 |
| | ELECTRICO | Fotocopiadora modelo m2640idw | 1 | 1600 | 1600 |
| | PERSONAL | Personal administrativo | 3 | | 0 |
| DESARROLLO FISICO | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 6 | 180 | 1080 |
| | ELECTRICO | Computadora de escritorio | 3 | 300 | 900 |
| | ELECTRICO | Fotocopiadora | 4 | 1600 | 6400 |
| | ELECTRICO | Laptop | 2 | 120 | 240 |
| | ELECTRICO | Oasis | 1 | 510 | 510 |
| | ELECTRICO | Router | 1 | 5 | 5 |
| | ELECTRICO | Teléfono de oficina | 1 | 5 | 5 |
| | ELECTRICO | Ventilador de techo | 1 | 65 | 65 |
| | PERSONAL | Personal administrativo | 3 | | 0 |

| | | | | | |
|---------------------------|-------------|--------------------------------------|----|------|------|
| PROYECCION SOCIAL | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 8 | 180 | 1440 |
| | ELECTRICO | Computadoras de escritorio | 4 | 300 | 1200 |
| | ELECTRICO | Router | 1 | 5 | 5 |
| | ELECTRICO | Impresora canon | 1 | 300 | 300 |
| | ELECTRICO | Ventilador de techo | 2 | 65 | 130 |
| | ELECTRICO | Oasis | 1 | 510 | 510 |
| | ELECTRICO | Cafetera | 1 | 900 | 900 |
| | ELECTRICO | Teléfono de oficina | 1 | 5 | 5 |
| | PERSONAL | Personal administrativo | 6 | | 0 |
| ADMINISTRACION FINANCIERA | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 10 | 180 | 1800 |
| | ELECTRICO | Ventilador de techo | 4 | 65 | 260 |
| | ELECTRICO | Computadora de escritorio | 7 | 300 | 2100 |
| | ELECTRICO | Laptop | 1 | 120 | 120 |
| | ELECTRICO | Oasis | 1 | 510 | 510 |
| | ELECTRICO | Router | 1 | 5 | 5 |
| | ELECTRICO | Teléfono de oficina | 1 | 5 | 5 |
| | ELECTRICO | Ventilador de pedestal | 1 | 55 | 55 |
| | ELECTRICO | Fotocopiadora modelo m2640idw | 2 | 1600 | 3200 |
| | ELECTRICO | Máquina de escribir ae830 | 2 | 65 | 130 |
| | ELECTRICO | Calculadora | 1 | 67 | 67 |
| | ELECTRICO | Televisor | 1 | 67 | 67 |
| | PERSONAL | Personal administrativo | 8 | | 0 |
| BODEGA LIBRERÍA | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 6 | 180 | 1080 |
| | ELECTRICO | Ventilador de techo | 2 | 65 | 130 |
| | PERSONAL | Personal administrativo | 1 | | 0 |
| CORREDOR | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 16 | 180 | 2880 |
| | ELECTRICO | Router | 6 | 5 | 30 |
| | ELECTRICO | Microondas | 1 | 1480 | 1480 |
| PASILLO 1 | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 1 | 180 | 180 |
| BODEGA | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 1 | 180 | 180 |
| PASILLO 2 | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 1 | 180 | 180 |
| PASILLO OFICINA 1 | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 6 | 180 | 1080 |
| | ELECTRICO | Router | 2 | 5 | 10 |
| PASILLO OFICINA 2 | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 2 | 180 | 360 |
| | ELECTRICO | Router | 1 | 5 | 5 |
| PASILLO OFICINA 3 | ILUMINACION | Lampara de tubo frouesente 3x60 watt | 2 | 180 | 360 |

Tabla 5 Levantamiento de Cargas Eléctricas para el nivel 2 de la Unidad Bibliotecaria UES FMO

Consideraciones tomadas para la realización de simulaciones y los análisis de los resultados:

Ya que el edificio se encuentra en medio de la zona de actividades de los estudiantes es muy frecuente que las actividades que se programen sean en ese lugar por lo que los horarios no siempre concuerdan con la cantidad de personas que se encuentran en el área por eso algunas áreas se toman en cuenta con más personas de lo habitual con respecto al censo de cargas puesto en la tabla anterior

5.4 Modelo de línea Base del Edificio Unidad Biblioteca de la UES FMO.

Ya que el edificio no cuenta con medidor único con el cual verificar el consumo propio es de mucha ayuda los resultados arrojados por la herramienta de simulación de OpenStudio a partir del modelo creado del edificio en Energyplus.

| Building Summary | |
|------------------------------------|--------------------------|
| Data | Value |
| Building Name | BIBLIOTECA FMO |
| Total Site Energy | 293,147 kWh |
| Total Building Area | 3,610 m ² |
| Total Site EUI | 81.21 kWh/m ² |
| OpenStudio Standards Building Type | n/a |

Ilustración 106 Resumen del edificio modelo de línea base

Como Primeros resultados arroja la energía total del sitio, el área total del modelo y la intensidad del uso de la energía la cual arroja 81.21 kwh/m², para la primera simulación con los elementos ya cargados del levantamiento, los horarios de ocupación de equipos eléctricos, iluminación y calefacción.

En la simulación se obtiene el total de consumo energético en kWh mensual en el edificio:

Resumen mensual

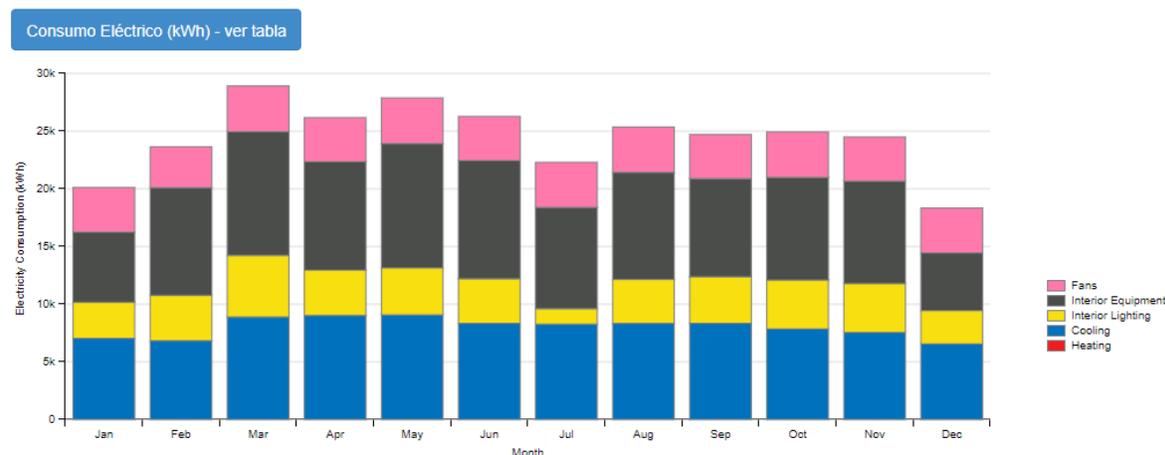


Ilustración 107 Modelo de línea base

Como se observa el consumo eléctrico es constante en los equipos de enfriamiento y equipo eléctrico interno ya que se toma en cuenta que en el edificio hay un equipo de servidores para el funcionamiento de la el aula virtual de la facultad y la mayoría de los equipos eléctricos la utilizan los empleados, otro punto importante es que en varias áreas como por ejemplo el Tesario, la sala de estudio individual, colectivo y videoteca utilizan bastante los ventiladores, resumiendo los datos graficados se muestran en la siguiente tabla:

| RESUMEN ANUAL kWh 2023 | | | | | |
|------------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|-----------------|-------------------|
| | Enfriamiento | Iluminación Interior | Equipamiento Interior | Ventiladores | consumo[kWh] /mes |
| Enero | 7040.44 | 3140.44 | 6063.83 | 3870.58 | 20115.29 |
| Febrero | 6833.11 | 3942.53 | 9329.69 | 3535.22 | 23640.55 |
| Marzo | 8899.19 | 5329.22 | 10729.22 | 3962.03 | 28919.66 |
| Abril | 9024.61 | 3920.86 | 9407.44 | 3828.67 | 26181.58 |
| Mayo | 9081.64 | 4058.33 | 10785 | 3959.56 | 27884.53 |
| Junio | 8344.64 | 3863.22 | 10250.75 | 3824.06 | 26282.67 |
| Julio | 8283.56 | 1328.03 | 8784.92 | 3900.94 | 22297.45 |
| Agosto | 8339.81 | 3803.86 | 9283.78 | 3933.97 | 25361.42 |
| Septiembre | 8343.39 | 4043.78 | 8505.47 | 3818.39 | 24711.03 |
| Octubre | 7863.78 | 4236.33 | 8897.94 | 3928.69 | 24926.74 |
| Noviembre | 7562.03 | 4236.33 | 8879.86 | 3818.44 | 24496.66 |
| Diciembre | 6567.28 | 2873.94 | 5003.69 | 3885.47 | 18330.38 |
| TOTAL [kWh] | 96183.48 | 44776.87 | 105921.59 | 46266.02 | 293147.96 |

Tabla 6 Resumen mensual para el modelo de línea Base

Como se observa el mes de menor consumo eléctrico es el mes de julio y diciembre ya que en ese tiempo comienza el interciclo y la mayoría de personas q utilizan las instalaciones son los empleados, algunos salones de computación y salas de internet, y los ventiladores que utilizan los empleados no se utilizan.

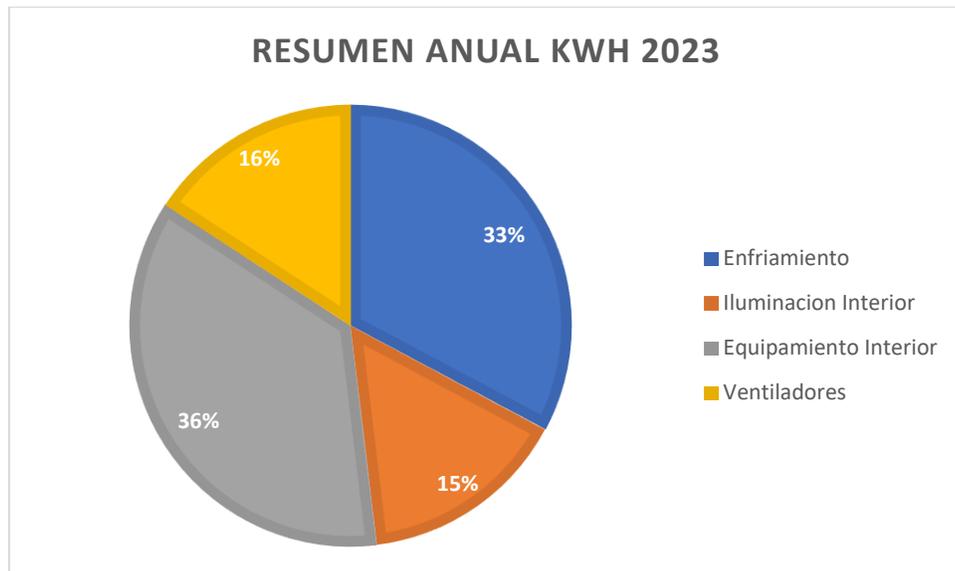


Ilustración 108 Resumen de modelo de línea base con porcentajes de cargas utilizadas al año

Como se muestra en el gráfico de pastel el consumo de kWh en el año predomina el equipo eléctrico interno en primer lugar y los equipos de enfriamiento en segundo lugar ya que son los más utilizados en las instalaciones del edificio y en tercer lugar los ventiladores ya que de ellos dependen varias áreas de acceso a los estudiantes como lo es el Tesario y las sala de lecturas, cabe destacar que estos consumos solo se reflejan de lunes a viernes de 8 am a 4 pm y la mayoría de veces los viernes se recurre a haber menos personas en las instalaciones del edificio

Demanda de Potencia Real en el Edificio

A partir de la simulación se logra obtener los picos de demanda máxima por mes por medio de los datos agregados de carga por cubículo y los horarios de ocupación de los equipos de iluminación y enfriamiento

Demanda pico de electricidad (kW) - ver tabla

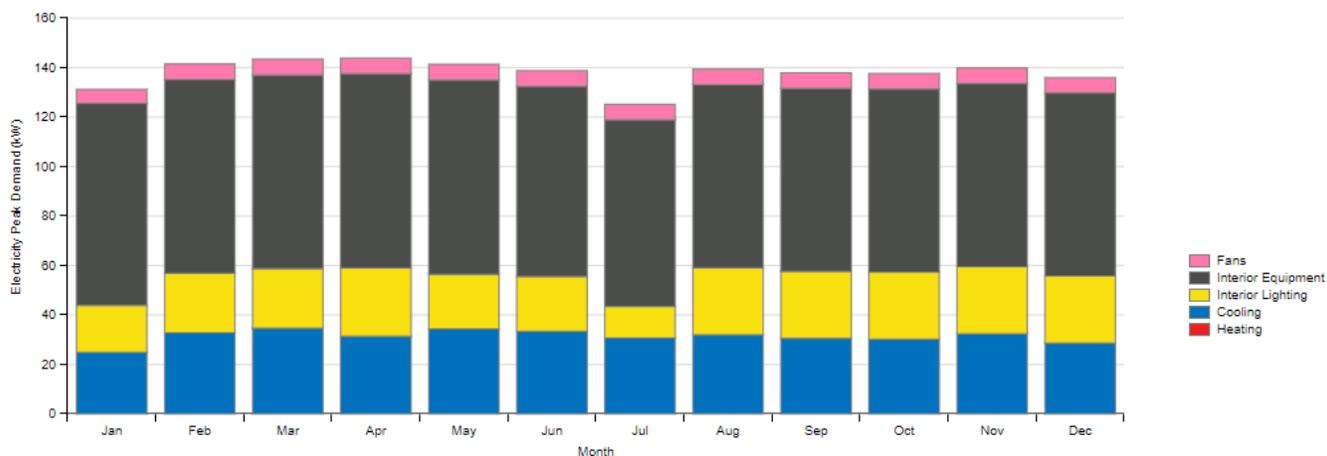


Ilustración 109 Picos máximo de potencia real demandada por meses

Como se observa en lo que es equipo eléctrico e iluminación predomina en el consumo de potencia demandada ya que son las de más uso en la franja de consumo resto por la utilización de los estudiantes y empleados, como se explicó en el grafico anterior hay equipo de servidores funcionando al 100% 24 horas ya que sirven para la utilización del aula virtual de la facultad por lo tanto es la razón de que el equipamiento predomine en los consumos reales de potencia.

A continuación, se detalla la tabla de datos de potencia real demandada por meses para cada tipo de carga utilizada en el edificio arrojados por el programa:

| RESUMEN MENSUAL kW 2023 | | | | | |
|-------------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|---------------|------------------|
| | Enfriamiento | Iluminación Interior | Equipamiento Interior | Ventiladores | consumo[kW] /mes |
| Enero | 24.9453 | 18.9208 | 81.6838 | 5.6567 | 131.2066 |
| Febrero | 32.8236 | 24.0418 | 78.2654 | 6.3252 | 141.456 |
| Marzo | 34.6653 | 24.0418 | 78.2654 | 6.4898 | 143.4623 |
| Abril | 31.4176 | 27.5731 | 78.5698 | 6.2944 | 143.8549 |
| Mayo | 34.3395 | 22.1133 | 78.5079 | 6.3768 | 141.3375 |
| Junio | 33.4151 | 22.1133 | 76.868 | 6.3626 | 138.759 |
| Julio | 30.6857 | 12.7276 | 75.4984 | 6.2606 | 125.1723 |
| Agosto | 31.9933 | 27.0591 | 74.047 | 6.2703 | 139.3697 |
| Septiembre | 30.5414 | 27.0591 | 74.047 | 6.2486 | 137.8961 |
| Octubre | 30.2312 | 27.0591 | 74.047 | 6.2532 | 137.5905 |
| Noviembre | 32.4147 | 27.0591 | 74.047 | 6.3174 | 139.8382 |
| Diciembre | 28.6711 | 27.0591 | 74.047 | 6.1854 | 135.9626 |
| TOTAL [kw] | 376.1438 | 286.8272 | 917.8937 | 75.041 | 1655.9057 |

Tabla 7 Resumen de valores en kW para los picos de demanda de potencia simulados

Como se muestra en los datos obtenidos la potencia no supera los 150kW por lo que aún se tiene margen al momento de aumentar las cargas eléctricas ya que no se supera los 300kVA que la subestación del edificio suministra actualmente, es de resaltar que los datos obtenidos son calculados según los horarios puestos en el programa y la ocupación de los equipos por días y horas.

5.5 Alternativa de ahorro de energía eléctrica

5.5.1 Alternativa de ahorro de energía eléctrica en Iluminación.

Análisis de coste de cambio de lámparas fluorescentes a tecnología LED, se presenta en la siguiente tabla donde muestra el costo total por desinstalación de luminarias fluorescentes e instalación de luminarias con tecnología led más mano de obra.

| INSTITUCION | | | | | | Fecha: |
|---|---|----------|--------|----------------------|--------------------|--------------------|
| UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR | | | | | | |
| Nombre del Proyecto: | | | | | | |
| PROPUESTA DE ILUMINACION LED | | | | | | |
| Correlativo de Partidas | Partida | Cantidad | Unidad | Costo Unitario, US\$ | Valor, US\$ | |
| 1,00 OBRAS PRELIMINALES | | | | | | |
| 1,01 | Desmontaje de lampara de 3 tubos fluorescentes T8 60 watts luz blanca 3450 lumens. | 361 | UN | \$ 0,65 | \$ 234,65 | |
| 1,02 | Desmontaje de balastro electrónico para tubo T8 60 watts multi voltaje UL | 361 | UN | \$ 0,45 | \$ 162,45 | |
| | | | | | \$ 397,10 | |
| 2,00 INSTALACION DE LUMINARIAS LED | | | | | | |
| 2,01 | Suministro e instalación de luminaria led 3x18 watts tipo tubo led vidrio G13 T8 18 W multi voltaje luz blanca 1600 lumens, modelo P27900-36. | 361,00 | UN | \$ 11,17 | \$ 4.032,37 | |
| | | | | | \$ 4.032,37 | |
| TOTAL, COSTO DIRECTO: | | | | | | \$ 4.429,47 |
| COSTOS INDIRECTOS: | | | | | 15,0% | \$ 664,42 |
| | | | | | | \$ 5.093,89 |
| IVA: | | | | | 13,0% | \$ 662,21 |

| | |
|-------------------------------|--------------------|
| COSTO TOTAL DE LA OBRA | \$ 5.756,10 |
|-------------------------------|--------------------|

Tabla 8 Costo total de sustitución a luminarias LED en el edificio

5.5.2 Alternativa de ahorro de energía eléctrica en Climatización Eficiente.

Análisis de costo al implementar equipo de aires acondicionados más eficientes, en la siguiente tabla presentamos el presupuesto que implicaría la sustitución de 5 aires acondicionados de 5 toneladas de refrigeración, donde incluye costo de equipo, costo de material eléctrico y mano de obra:

| INSTITUCION | | Fecha: | | | |
|---|---|----------|--------|----------------------|---------------------|
| UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR | | | | | |
| Nombre del Proyecto: | | | | | |
| PROPUESTA DE AIRES ACONDICIONADOS INVERTER | | | | | |
| Correlativo de Partidas | Partida | Cantidad | Unidad | Costo Unitario, US\$ | Valor, US\$ |
| 1,00 OBRAS PRELIMINALES | | | | | |
| 1,01 | Desmontaje mecánico y eléctrico de aires acondicionados convencionales en unidad bibliotecaria. | 5 | UN | \$ 100,00 | \$ 500,00 |
| | | | | | \$ 500,00 |
| 2,00 INSTALACION DE AIRES ACONDICIONADOS | | | | | |
| 2,01 | Suministro e instalación de Aire Acondicionado ConfortStar CPR Series 19.6 SEER Invertert, de 5 Toneladas de refrigeración, incluye montaje de manejadora piso/techo de 60,000 BTU 230V AC/1/60Hz más Condensador inteligente eficiencia inteligente 19.5 modelo CPR60 220V AC/1/60Hz, más acometida eléctrica y cajeteado con Nema 3R. | 5,00 | UN | \$ 3.100,35 | \$ 15.501,75 |
| | | | | | \$ 15.501,75 |
| TOTAL, COSTO DIRECTO: | | | | | \$ 16.001,75 |
| COSTOS INDIRECTOS: | | | | 15,0% | \$ 2.400,26 |
| | | | | | \$ 18.402,01 |

| | | |
|-------------------------------|-------|-------------------------|
| IVA: | 13,0% | \$ 2.392,26 |
| COSTO TOTAL DE LA OBRA | | \$ 20.794,27 |

Tabla 9 Costo total de sustitución Equipo de enfriamiento INVERTER SEER 1 9en el edificio

5.5.3 Propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico en Unidad Bibliotecaria Universidad De El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental (FMO).

Se diseñará un sistema Fotovoltaico Conectado a la Red, en Unidad Bibliotecaria de la FMO, para disminuir la facturación en un 60% de dicho edificio, si la energía facturada es de 24,748 kWh/mes, con una subestación de 300kVA conexión estrella-estrella voltaje secundario 208/120V.

Aplicando la norma de SIGET para sistemas UPR conectados a la red, nos establece que no podemos dimensionar la planta solar con mas del 90% del consumo total del edificio.

TAMAÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO:

$$24748kWh/mes \times 60\% = 14848.8 kWh/mes \approx \mathbf{14849 kWh/mes}$$

Utilizando el índice de producción final (Yf)

$$Y_f = \frac{\text{energía real medida durante 1 año}}{\text{energía ideal producida en 1 año}}$$

$$Y_f = \frac{kWh}{kWp}$$

Yf en san miguel es de 1500-1650 kWh/kWp, utilizaremos un Yf=1600 kWh/kWp lo cual nuestra potencia a instalar de la planta fotovoltaica será de:

$$1600 \frac{kWh}{kWp} = \frac{14849 \frac{kWh}{mes} \times 12 meses}{kWp}$$

Despejando los kWp:

$$kWp = \frac{14849 \frac{kWh}{mes} \times 12 meses}{1600 \frac{kWh}{kWp}} = 111.3675 kWp \approx \mathbf{112 kWp}$$

La potencia a Instalar sobre el edificio será de: **112 kWp**

Equipo A Utilizar

SELECCION DE LOS MODULOS FOTOVOLTAICOS

Para las especificaciones del módulo fotovoltaico se considerará un rango de temperatura de 10 °C hasta 50 °C el modelo seleccionado es panel fotovoltaico monocristalino Hiku5 Mono PERC 475W – 500W de la marca Canadian Solar.

ELECTRICAL DATA | STC*

| CS3Y | 475MS | 480MS | 485MS | 490MS | 495MS | 500MS |
|------------------------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|
| Nominal Max. Power (Pmax) | 475 W | 480 W | 485 W | 490 W | 495 W | 500 W |
| Opt. Operating Voltage (Vmp) | 44.0 V | 44.2 V | 44.4 V | 44.6 V | 44.8 V | 45.0 V |
| Opt. Operating Current (Imp) | 10.81 A | 10.87 A | 10.94 A | 11.00 A | 11.06 A | 11.12 A |
| Open Circuit Voltage (Voc) | 52.7 V | 52.9 V | 53.1 V | 53.3 V | 53.5 V | 53.7 V |
| Short Circuit Current (Isc) | 11.52 A | 11.57 A | 11.62 A | 11.67 A | 11.72 A | 11.77 A |
| Module Efficiency | 20.1% | 20.3% | 20.6% | 20.8% | 21.0% | 21.2% |
| Operating Temperature | -40°C ~ +85°C | | | | | |
| Max. System Voltage | 1500V (IEC/UL) or 1000V (IEC/UL) | | | | | |
| Module Fire Performance | TYPE 1 (UL 61730 1500V) or TYPE 2 (UL 61730 1000V) or CLASS C (IEC 61730) | | | | | |
| Max. Series Fuse Rating | 20 A | | | | | |
| Application Classification | Class A | | | | | |
| Power Tolerance | 0 ~ + 10 W | | | | | |

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

Ilustración 110 Características eléctricas del módulo Hiku5 Mono PERC 475W – 500W

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

| Specification | Data |
|--------------------------------------|--------------|
| Temperature Coefficient (Pmax) | -0.34 % / °C |
| Temperature Coefficient (Voc) | -0.26 % / °C |
| Temperature Coefficient (Isc) | 0.05 % / °C |
| Nominal Module Operating Temperature | 42 ± 3°C |

Ilustración 111 Características de Temperatura

Selección del inversor

En base al cálculo del tamaño de la potencia a instalar escogemos unos inversores de la marca KACO Blueplanet 29.0 TL3 LV.

Características Técnicas

| | |
|---|---|
| Datos de entrada DC | 29.0 TL3 LV |
| Max. PV potencia recomendada | 43 500 W |
| Rango del MPP | 360 - 900 V |
| Rango de Operación | 360 - 1050 V |
| Rated DC voltage / voltaje de encendido | 410 V / 460 V |
| Max. tensión sin carga | 1 100 V |
| Max. corriente de entrada | 85 A |
| Max. corriente de corto circuito $I_{sc,max}$ | 190 A |
| Numero de seguidores de MPP | 1 |
| Conexiones por MPP | S / B / M : 1; XL: 6 |
| Datos de salida AC | |
| Rangos de salida | 29 000 VA @ 138 V / 240 V 29 000 VA @ 127 V / 220 V 27 500 VA @ 120 V / 208 V |
| Máxima potencia | 30 100 VA |
| Voltaje de línea neutro | 138 V / 240 V (3 / N / PE; 3 / PEN) 127 V / 220 V (3 / N / PE; 3 / PEN) 120 V / 208 V (3 / N / PE; 3 / PEN) |
| Voltaje de línea línea (Ph-Ph) | 166 - 346 V |
| Rango de frecuencia | 50 Hz / 60 Hz (42 - 68 Hz) |
| Rango de corriente | 3 x 69.8 A @ 240 V 3 x 76.1 A @ 220 V 3 x 76.5 A @ 208 V |
| Máxima corriente | 3 x 76.5 A |
| Potencia reactiva / cos phi | 0 - 100 % Snom / 0.30 ind. - 0.30 cap. |
| Distorsión de armónicos totales máximos (THD) | 1,6 % |
| Número de fases | 3 |

Ilustración 112 Características técnicas del inversor KACO

CALCULO DE DISEÑO

DATOS DEL MFV:

| | |
|-------------------|-------------------------------------|
| $P_{max} = 500W$ | $\gamma_{Pmax} = -0.34\%/^{\circ}C$ |
| $V_{oc} = 53.7V$ | $\beta_{Voc} = -0.26\%/^{\circ}C$ |
| $V_{mp} = 45V$ | $\alpha_{Isc} = 0.05\%/^{\circ}C$ |
| $I_{mp} = 11.12A$ | $NOCT = 42 \pm 3^{\circ}C$ |
| $I_{sc} = 11.77A$ | |

Cálculo de la temperatura de la celda asumiendo una temperatura ambiente de 10°C y 50°C para San Miguel.

$$T_c = T_a + \frac{G}{800} \times (NOCT - 20)$$

$$\text{Para } T_{amb} = 10^{\circ}C \rightarrow T_c = 10 + \frac{0}{800} \times (45 - 20) = 10^{\circ}C$$

$$\text{Para } T_{amb} = 50^{\circ}C \rightarrow T_c = 50 + \frac{1000}{800} \times (45 - 20) = 81^{\circ}C$$

Ahora se harán los cálculos de Voc, Vmp e Isc considerando el rango de temperatura de la celda de 10°C y 81°C.

ANÁLISIS DE TEMPERATURA:

$$Voc_{max}(10^{\circ}C) = 53.7V + \left(-\frac{-0.26\%/^{\circ}C}{100}\right) \times 53.7V(10^{\circ}C - 25^{\circ}C) = 55.5V$$

$$Voc_{min}(81^{\circ}C) = 53.7V + \left(-\frac{-0.26\%/^{\circ}C}{100}\right) \times 53.7V(81^{\circ}C - 25^{\circ}C) = 45.6V$$

$$Vmp_{max}(10^{\circ}C) = 45V + \left(-\frac{-0.34\%/^{\circ}C}{100}\right) \times 45V(10^{\circ}C - 25^{\circ}C) = 47.3V$$

$$Vmp_{min}(81^{\circ}C) = 45V + \left(-\frac{-0.34\%/^{\circ}C}{100}\right) \times 45V(81^{\circ}C - 25^{\circ}C) = 36.4V$$

$$Isc_{max}(81^{\circ}C) = 11.7A + \left(-\frac{-0.05\%/^{\circ}C}{100}\right) \times 11.7A(81^{\circ}C - 25^{\circ}C) = 12.02A$$

$$Isc_{min}(10^{\circ}C) = 11.7A + \left(-\frac{-0.05\%/^{\circ}C}{100}\right) \times 11.7A(10^{\circ}C - 25^{\circ}C) = 11.6A$$

Cálculo del # de MFV por String:

Datos del inversor marca KACO Blueplanet 29.0, 6 entradas de MPPT.

$$Vmax_{operacion} = 1050V$$

$$Vmin_{operacion} = 360V$$

$$Vmax_{MPPT} = 900V$$

$$Vmin_{MPPT} = 360V$$

$$\#Maximo de MFV en funcion del Vmax del inversor: \frac{1100V}{Voc_{max}} = \frac{1100V}{55.5V} = 19.89$$

$$\approx 20 MFV$$

$$\#Minimo de MFV en funcion del Vmin del inversor: \frac{410V}{Voc_{min}} = \frac{410V}{45.6V} = 8.9 \approx 9 MFV$$

$$\begin{aligned} \# \text{Maximo de MFV en funcion del MPPT max del inversor: } & \frac{900V}{V_{mppt_{max}}} = \frac{900V}{47.3V} \\ & = 19.02 = 19 \text{ MFV} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \# \text{Minimo de MFV en funcion del MPPT min del inversor: } & \frac{360V}{V_{mppt_{min}}} = \frac{360V}{36.4V} = 9,9 \\ & \approx 10 \text{ MFV} \end{aligned}$$

Luego el tamaño del string en función de Voc debe ser entre 9 y 20 MFV y en función de Vmppt debe de ser entre 10 y 19 MFV.

Se trabajará con un String de 14 MFV de 500, la potencia del String será:

$$P_{string} = P_{MFV} * \#MFV = 500W * 14 = 7000W$$

Entonces el # de String/entrada debe ser:

$$\#String/entrada = \frac{P_{inversor}}{\#entradas * P_{String}} = \frac{43500W}{6 * 7000W} = 1.03 \approx \mathbf{1 \text{ String}}$$

Ahora comprobamos si el inversor soporta la corriente que estás entregan:

$$I_{DC} = I_{sc} * \#String/entrada * \#entradas$$

$$I_{DC} = 11.77 * 1 * 6 = \mathbf{70.62A}$$

El inversor soporta un máximo de corriente de 85 A, por lo que estamos bien con el cálculo.

Se trabajará con 1 String de 7000 Wp c/u, la potencia suministrada al inversor por los MFV es: $\#entradas * P_{string} * \#string = 6 * 7000 * 1 = \mathbf{42000 \text{ Wp} = 42kWp}$

Total, de inversores:

$$\#Inversores = \frac{\text{Potencia a instalar}}{P_{MFV}} = \frac{112kWp}{42kWp} = 2.66 \approx \mathbf{3 \text{ inversores}}$$

Total, de Paneles Solares:

$$MFV/Inversor = \#MFVescogidos * \#entradas * \#String/entrada$$

$$MFV/Inversor = 14 * 6 * 1 = \mathbf{84 \text{ MFV/inversor}}$$

$$Total\ de\ MFV = MFV / inversor * \#inversores$$

$$Total\ de\ MFV = 84 * 3 = \mathbf{252\ MFV}$$

Resumen de cálculo de dimensionamiento

| DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA | |
|---|---------|
| Potencia total del sistema FV | 112 kWp |
| Cantidad total de paneles solares | 252 |
| Total, de inversores | 3 |
| Total de String de la planta | 18 |
| AREEGLO DE PANELES SOLARES POR INVERSOR | |
| Total de paneles solares por inversor | 84 |
| Total de paneles solares por String | 14 |
| Nº de String por inversor | 6 |
| Nº de String por MPPT | 1 |

Inclinación óptima de los módulos fotovoltaicos

Para nuestro Modulo fotovoltaico la inclinación óptima se calculará mediante la siguiente ecuación:

$$S_{opt} = 3.7 + 0.69\varphi$$

En donde:

φ : Latitud del lugar

Siendo la latitud del Departamento de San Miguel de 13.46°, entonces:

$$\text{Sustituimos } \varphi_{san\ migu\ el} = \mathbf{13.4785983^\circ}$$

$$S_{opt} = 3.7 + 0.69(\mathbf{13.4785983})$$

$$S_{opt} = \mathbf{13.00023283^\circ}$$

Como la instalación será sobre techo inclinado de la Unidad Bibliotecaria, la inclinación del MFV será paralela a la inclinación del techo.

Distancia mínima entre módulos fotovoltaicos.

La latitud del lugar es de 13.47° , además consideráramos el día más crítico de posición solar es el 21 de diciembre, este día el sol se encuentra ubicado a -23.45° al Sur con respecto al Ecuador provocando la mayor sombra durante el año.

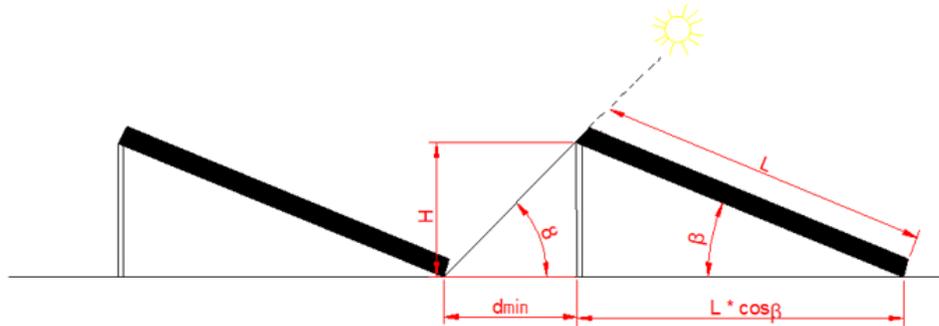


Ilustración 113 Diagrama de MFV

Dimensiones del MFV que utilizaremos:

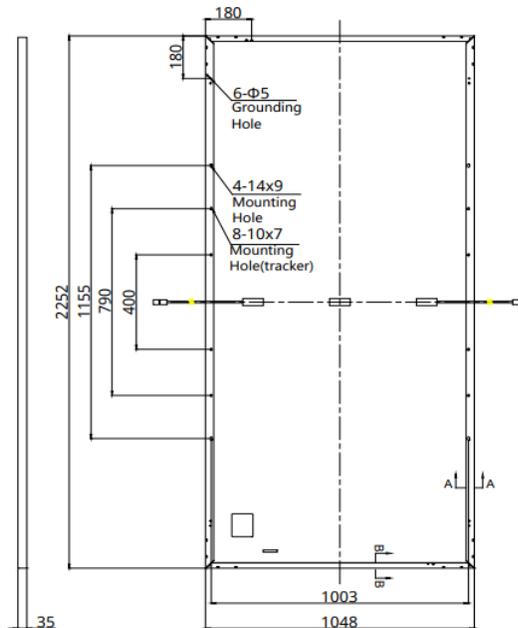


Ilustración 114 dimensiones del MFV

Dimensiones de modulo fotovoltaico 2252x1048x32 mm

Distancia mínima entre módulos para el día más crítico en el año

$$L=2252\text{mm}=2.252\text{m}$$

$$\alpha = (90^\circ - \delta - \text{latitud})$$

$$\delta = 23.45^\circ$$

$$\alpha = 90^\circ - 23.45^\circ - 13.46^\circ$$

$$\text{latitud} = 13.46^\circ$$

$$\alpha = 53.09^\circ$$

$$H = L * \text{sen}(\beta)$$

$$H = 2.252\text{m} * \text{sen}(13^\circ)$$

$$H = 0.50 \text{ m}$$

$$d_{\min} = \frac{H}{\text{Tan}(\alpha)}$$

$$d_{\min} = \frac{0.50}{\text{Tan}(53.09)} = 0.37\text{m}$$

$$d_{\text{total}} = d_{\min} + L * \text{cos}(\beta)$$

$$d_{\text{total}} = 0.37 + 2.252\text{cos}(13^\circ)$$

$$d_{\text{total}} = 2.56 \text{ m}$$

Ahora analizamos el área total de los módulos fotovoltaicos

De la hoja de especificaciones del módulo se tiene dimensiones de 2252 mm x 1048 mm.

$$AMFV = 2.252 \times 1.048\text{m} = 2.36\text{m}^2$$

Por lo tanto, el área total de MFV sería:

$$A_{\text{totalMFV}} = AMFV * \#MFV * \#\text{stringentrada} * \#\text{entradas} * \#\text{inversores}$$

$$A_{\text{totalMFV}} = (2.36)(252)$$

$$A_{\text{totalMFV}} = 594.72 \text{ m}^2$$

El área disponible en Unidad Biblioteca de la FMO es de 1730 M2, suficiente para instalar nuestros paneles solares.

Cálculo de protecciones y conductores.

CALCULO DE FUSIBLES

Fusible por String:

$$\text{Fusible}_{\text{string}} = \frac{11.77}{0.8 * 0.8} = 18.39 \rightarrow \text{CB 20/1p}$$

Fusible 10x38 marca gPV df electric 20A

Podemos usar conductor según

NEC 310.16 \rightarrow #14(25A)

Entrada del inversor

$$\text{Fusible}_{\text{input}} = \frac{\# \text{string} / \text{entradas} * I_{\text{sc_max}}}{0.8 * 0.8} = \frac{(1)(11.77\text{A})}{(0.8)(0.8)} = 18.39 \rightarrow \text{CB 20/1p}$$

Fusible 10x38 marca gPV df electric 20A

Conductor según *NEC* 310.16 \rightarrow #14(25A)

Salida del inversor

$$\text{Fusible}_{\text{output}} = \text{Corriente}_{\text{maxinversor}} * 1.25 = 76.5 * 1.25 = 95.65 \text{ A} = \text{CB 100/3p}$$

Se escoge un Fusible gPV NH 1000V DC 100^a

Conductor según *NEC* 310.16 \rightarrow #2(130A)

Para el transformador

La protección para el primario del transformador:

$$\text{Primario trafo} = \frac{300\text{kVA}}{\sqrt{3}(13.2\text{kV})} = 13.12 * 1.25 = 16.42 \rightarrow \text{Fusible de 20A}$$



Dimensionamiento del tablero y protección

Ya que son 3 inversores de 43500W solo utilizaremos un tablero con 16 espacios por lo que tenemos:

$$Main_{\text{inversores_tablero}} = \frac{\# \text{inversores por tablero} * \text{Max Output Current}}{0.8}$$

$$Fucible_{\text{inversores_tablero}} = \frac{3 * 76.5}{0.8} = 286.87A \rightarrow \text{CB } 400A/3p$$



La protección en el TG depende del tamaño del transformador seleccionado, como la potencia total a plena carga es de 3 inversores x 43500 W = 130,5000W/ 0.8= 163.1 KVA

$$Fucible_{TG_Principal} = \frac{300kva}{\sqrt{3}(0.208)} = 833.70 \rightarrow \text{CB} = 1200/3p$$

Fusible T7H 1200 PR231/P LS/I In=1200A 3p



Tablero escogido

SERIE AQ

600 VOLTS MAXIMO. TIPO BOLT ON

BARRAS Y MAIN DESDE 125A HASTA 800 AMPS

MAIN:

DE 125 A 225 A TQD

DE 225 A 800 A. SPECTRA

RAMALES: THQB Y TQD

COMBINER BOX



DATA:

6 STRING DE ENTRADAS, 6 STRING DE SALIDAS

Máximo voltaje 1000 V

Máxima corriente de salida 40 A

PROTECCION IP65

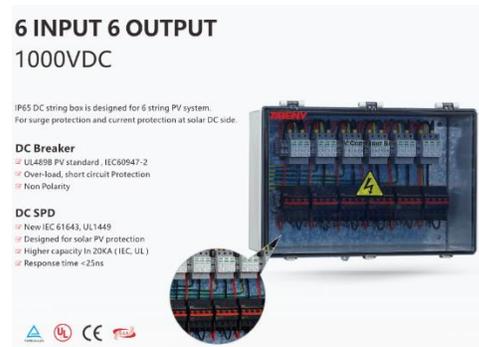
DIMENSIONES 400*600*230

Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico

Ver anexo.

Tiempo de recuperación de la inversión.

Para analizar el tiempo de recuperación de la inversión, es necesario detallar todos los precios de materiales y costo de instalación del sistema.



| PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN | | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------------------|--|--|----------|--------|----------------------|---------------------|--|
| SISTEMA FOTOVOLTAICO | | | | | | | | |
| Categoría: | | Nombre del Proyecto: | | | | | | |
| Construcción | | CONSTRUCCION DE SISTEMA FOTOVOLTAICO EN UNIDAD BIBLIOTECARIA FMO | | | | | | |
| Código Especificación | Código Costo Unitario | Correlativo de Partidas | Partida | Cantidad | Unidad | Costo Unitario, US\$ | Valor, US\$ | |
| | | 1.00 | PANELES FOTOVOLTAICOS | | | | | |
| | | 1.01 | Suministro e instalación de MFV de la marca Canadian Solar de 500W Hiku5 Mono PERC, Montaje más conexión de string sobre estructura metálica, sobre el techo de la Unidad Bibliotecaria. | 252.00 | U | \$ 315.00 | \$ 79,380.0 | |
| | | | | | | | \$ 79,380.00 | |
| | | 2.00 | INVERSORES | | | | | |
| | | 2.01 | Suministro e instalación de Inversores CAKO BLUEPLANET 29.0 TL3 43.4kW, entrada de voltaje DC de 1100 V, compacto y ligero, instalación superficial sobre pared, 6 entradas MPPT. | 3.00 | U | \$ 19,650.00 | \$ 58,950.00 | |

| | | | | | | | | |
|--|--|------|---|--------|---|-------------|----------------------|--------------|
| | | | | | | | \$ 58,952.00 | |
| 3.00 COMBINER VOX, TABLEROS ELECTRICOS, RED DE TIERRA | | | | | | | | |
| | | 3.01 | Suministro e instalación de String box 1000 V CC 6 entradas 6 salidas BHS-6/6, con máxima corriente de salida de 40A, cableado más montaje, instalación de tableros eléctricos y red de tierra. | 1.00 | U | \$ 6,125.00 | \$ 6,125.00 | |
| | | | | | | | \$ 6,125.00 | |
| 4.00 CONDUCTORES ELECTRICOS | | | | | | | | |
| | | 4.01 | Suministro e instalación, de conductor eléctrico 2 XLR #14 conductor trenzado suave, rango de operación de -40°C a 90°C, máximo voltaje 2000 Vcc + 1 thhn #12 T, resistente al calor, con sus conectores respectivos. | 300.00 | M | \$ 8.75 | \$ 2,625.00 | |
| | | 4.02 | Suministro e instalación, de conductor eléctrico 3THHN#2 + 1THHN#2 + 1THHN#4 conductor trenzado suave, rango de operación de -40°C a 90°C, máximo voltaje 2000 Vcc+ 1 thhn #12 T, resistente al calor. | 150.00 | M | \$ 11.81 | \$ 1,771.50 | |
| | | | | | | | \$ 4,396.50 | |
| 5.00 SUPRESORES | | | | | | | | |
| | | 5.01 | Suministro e instalación de supresor de transientes levitón 600V 40kA. | 3.00 | U | \$ 275.00 | \$ 825.00 | |
| | | 5.02 | Suministro e instalación de supresor de transientes levitón 120/208V 80kA. | 3.00 | U | \$ 325.00 | \$ 975.00 | |
| | | | | | | | \$ 1,800.00 | |
| 6.00 IMPREVISTOS | | | | | | | | |
| | | 6.01 | Partida dedicada a imprevistos durante la ejecución del proyecto solar Fotovoltaico instalado en la Unidad Bibliotecaria de la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental. | 1.00 | U | \$ 5,600.00 | \$ 5,000.00 | |
| Sub total, US\$: | | | | | | | \$ 155,653.50 | |
| TOTAL COSTO DIRECTO: | | | | | | | \$ 155,653.50 | |
| COSTOS INDIRECTOS: | | | | | | | 20.0% | \$ 31,130.70 |
| TOTAL COSTO DIRECTO + COSTOS INDIRECTOS: | | | | | | | \$ 186,784.20 | |
| IVA | | | | | | | 13.0% | \$ 24,281.95 |
| PRESUPUESTO TOTAL DE CONSTRUCCIÓN, US\$: | | | | | | | \$ 211,066.15 | |

Tabla 10 Costo total de instalación de sistema de generación fotovoltaico en el edificio

El ingreso anual lo calcularemos con un precio de \$0.18 por kWh.

$$Ingreso_{Anual} = Produccion_{Anual} \times \frac{Precio}{kWh}$$

Calculando producción anual:

$$Produccion_{Anual} = Yf \times Potencia_{Instalada}$$

$$Yf = 1600 \frac{kWh}{kWp}$$

$$Produccion_{Anual} = 1600 \frac{kWh}{kWp} \times 112 kWp = \mathbf{179,200 kWh}$$

Ahora calculamos nuestro ingreso anual:

$$Ingreso_{Anual} = 179,200 kWh \times 0.18 \frac{\$}{kWh} = \$ 32,256 \text{ año}$$

Por último, calculamos el tiempo de retorno o recuperación de la inversión:

$$Tiempo \text{ de Recuperacion} = \frac{Inversion}{Produccion_{Anual}}$$

$$Tiempo \text{ de Recuperacion} = \frac{\$ 211,066.95}{\$ 32,256} = \mathbf{6.5 \text{ años}}$$

La inversión será recuperada aproximadamente en 6 años y 6 meses

Simulación de modelo con cambios de Iluminación, Climatización y paneles solares

Con los cambios de iluminación, equipos de calefacción de alta eficiencia y regulando la temperatura de refrigeración a 25°C se realizó una nueva simulación para ver los cambios que se tendrían de hacer el reemplazo de equipos por unos de alta eficiencia

| Building Summary | |
|------------------------------------|--------------------------|
| Data | Value |
| Building Name | BIBLIOTECA FMO |
| Total Site Energy | 140,797 kWh |
| Net Site Energy | 2,258 kWh |
| Total Building Area | 3,610 m ² |
| Total Site EUI | 39.01 kWh/m ² |
| Net Site EUI | 0.63 kWh/m ² |
| OpenStudio Standards Building Type | n/a |

Ilustración 115 Resumen del edificio con el modelo de línea base de bajo consumo

Como se observa en comparación de la anterior simulación la energía total del sitio disminuyó de 293,147 kWh a 140,797 kWh lo que muestra una diferencia de consumo de 152,350 kWh a parte que también disminuye la ocupación de energía a un 39.01 kWh/m²

Modelo de línea base de bajo consumo:

Monthly Overview

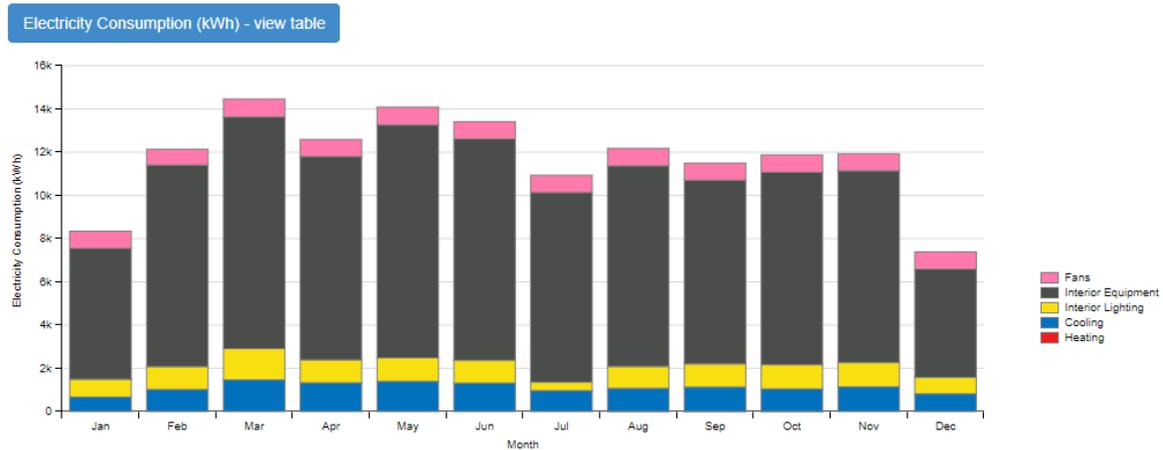


Ilustración 116 Modelo de línea Base de bajo consumo con la modificación de luminarias y equipo de enfriamiento

Como se observa en este modelo ya solo queda el equipo eléctrico el de mayor consumo, mientras la iluminación y equipo de enfriamiento disminuye ya que al ser más eficientes existe menor consumo y si dejar de perder el confort que es lo que se espera.

| RESUMEN ANUAL BAJO CONSUMO kWh 2023 | | | | | |
|-------------------------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|----------------|-------------------|
| | Enfriamiento | Iluminación Interior | Equipamiento Interior | Ventiladores | consumo[kWh] /mes |
| Enero | 670.45 | 823.19 | 6063.83 | 785.12 | 8342.59 |
| Febrero | 1020.38 | 1058.79 | 9329.69 | 728.64 | 12137.5 |
| Marzo | 1463.71 | 1445.04 | 10729.22 | 820.37 | 14458.34 |
| Abril | 1332.02 | 1059.64 | 9407.44 | 787.06 | 12586.16 |
| Mayo | 1395.12 | 1087.69 | 10785 | 816.22 | 14084.03 |
| Junio | 1322.09 | 1043.85 | 10250.75 | 790.45 | 13407.14 |
| Julio | 967.7 | 386.01 | 8784.92 | 793.75 | 10932.38 |
| Agosto | 1074.22 | 1010.65 | 9283.78 | 802.73 | 12171.38 |
| Septiembre | 1131.28 | 1070.09 | 8505.47 | 782.82 | 11489.66 |
| Octubre | 1049.92 | 1121.05 | 8897.94 | 806.62 | 11875.53 |
| Noviembre | 1141.99 | 1121.05 | 8879.86 | 786.28 | 11929.18 |
| Diciembre | 818.34 | 764.98 | 5003.69 | 797.46 | 7384.47 |
| TOTAL [kWh] | 13387.22 | 11992.03 | 105921.59 | 9497.52 | 140798.36 |

Tabla 11 Resumen de valores en Kwh con el modelo de bajo consumo

Según la tabla se logra ver un total en el año de 140,798.36 kWh que en comparación al modelo anterior de 293,147.96 kWh es una reducción de consumo eléctrico en un 48% casi la mitad de consumo al momento de realizar los cambios de equipo de iluminación y enfriamiento lo que supone aceptable al momento del retorno de la inversión

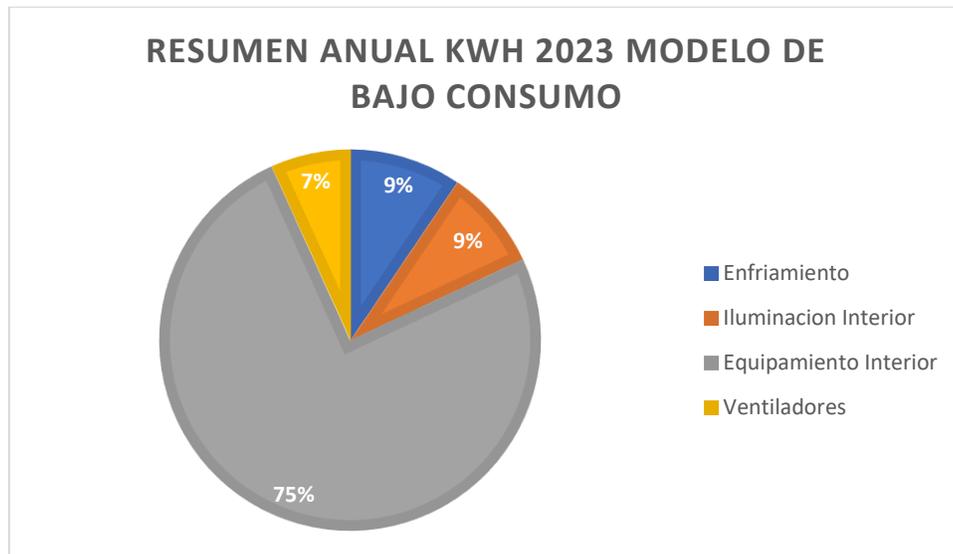


Ilustración 117 Resumen de porcentajes de consumo para el modelo de línea base de bajo consumo

Vemos unas reducciones en porcentaje de consumo en el gráfico de pastel que resume consumo de equipo eléctrico con un 75% mientras que se ha reducido el consumo de iluminación y enfriamiento en comparación a los resultados del modelo de consumo anterior

5.6 Implementación de sistema fotovoltaico en edificio unidad bibliotecaria.

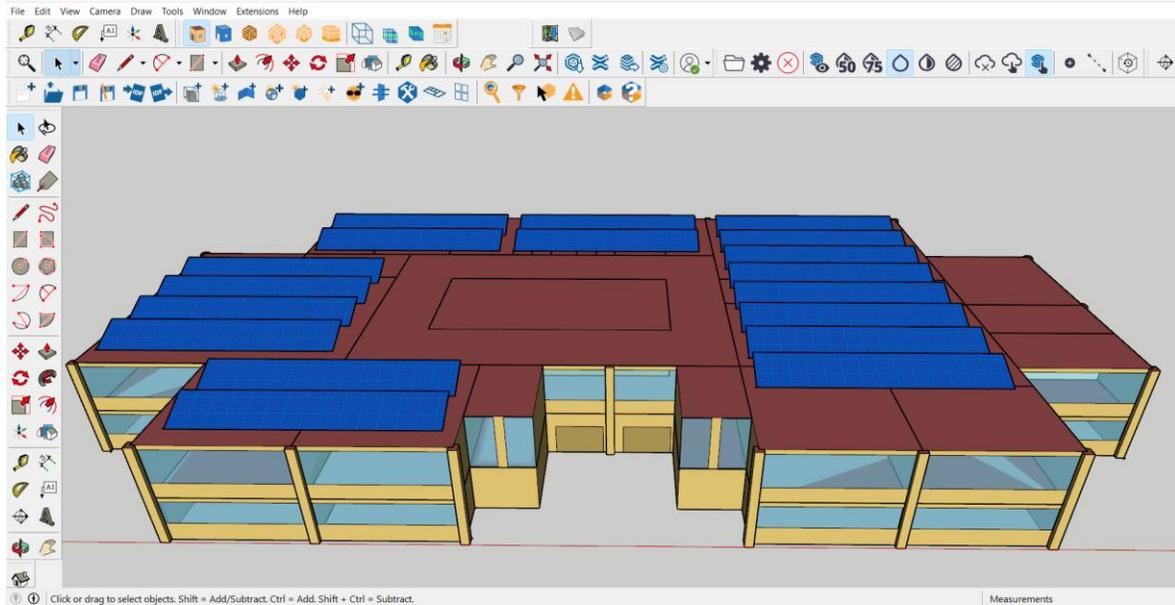


Ilustración 118 Sistema fotovoltaico del edificio unidad bibliotecaria

Con el sistema fotovoltaico implementado nuestro objetivo es reducir el costo de la factura eléctrica un 60% del edificio unidad bibliotecaria, si el consumo registrado es de 24,748 kWh/mes. Luego de ingresar al diseño del edificio nuestra planta fotovoltaica, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

| Renewable Energy Source Summary | | |
|---------------------------------|---------------------|-------------------------------|
| | Rated Capacity (kW) | Annual Energy Generated (kWh) |
| Photovoltaic | 0.0 | 141366.67 |
| Wind | 0.0 | 0.0 |

Ilustración 119 Resultados del sistema Fotovoltaico

Como solo requerimos reducir el 60% de la factura, el tamaño de nuestra planta fotovoltaica será de 14849 kWh/mes. Como se puede observar en la ilustración anterior tenemos una capacidad generada de 141,366.67 kWh/año. Esto equivale aproximadamente a 11780.55 kWh/mes. Esta diferencia entre lo calculado y simulado se debe a que el sistema presenta ciertas pérdidas de energía ya sea por calentamiento en conductores o ineficiencias de los equipos de generación.

CAPÍTULO VI:

6.1 Costo Monetario actual del consumo de energía eléctrica del edificio Unidad Bibliotecaria FMO.

Para el análisis de costos monetarios del consumo de energía eléctrica del edificio de nuestra línea base, utilizamos el pliego tarifario del servicio eléctrico aplicable al usuario final grandes demandas baja tensión, cargo de energía Resto. Los costos monetarios no incluyen IVA.

| MES | COSTO \$USD | \$/Persona |
|--------|-------------|------------|
| ene-23 | \$2,778.24 | \$38.59 |
| feb-23 | \$3,265.14 | \$45.35 |
| mar-23 | \$3,994.27 | \$55.48 |
| abr-23 | \$3,616.10 | \$50.22 |
| may-23 | \$3,851.30 | \$53.49 |
| jun-23 | \$3,630.06 | \$50.42 |
| jul-23 | \$3,079.63 | \$42.77 |
| ago-23 | \$3,502.82 | \$48.65 |
| sep-23 | \$3,412.99 | \$47.40 |
| oct-23 | \$3,442.78 | \$47.82 |
| nov-23 | \$3,383.38 | \$46.99 |
| dic-23 | \$2,531.72 | \$35.16 |
| Total | \$40,488.43 | \$562.34 |

Tabla 12 Costo Monetario actual del consumo de energía Línea Base

Como se puede observar en la tabla anterior tenemos los costos mensuales obteniendo un costo promedio mensual de \$ 3,374 lo cual alcanza un valor máximo en el mes de marzo con un costo de \$3,994.27



Ilustración 120 Costo Monetario actual del consumo de energía

Costo monetario del consumo eléctrico por persona.

En la siguiente grafica se puede observar un máximo de \$55 de consumo eléctrico por persona, esto implica todas las actividades que realiza una persona promedio que necesita de las instalaciones eléctricas del edificio, por ejemplo, utilizar luz artificial, tomar agua del oasis, utilizar la cafetera, cargar su teléfono celular etc. Este consumo de costo monetario por persona es con las instalaciones actuales del edificio.

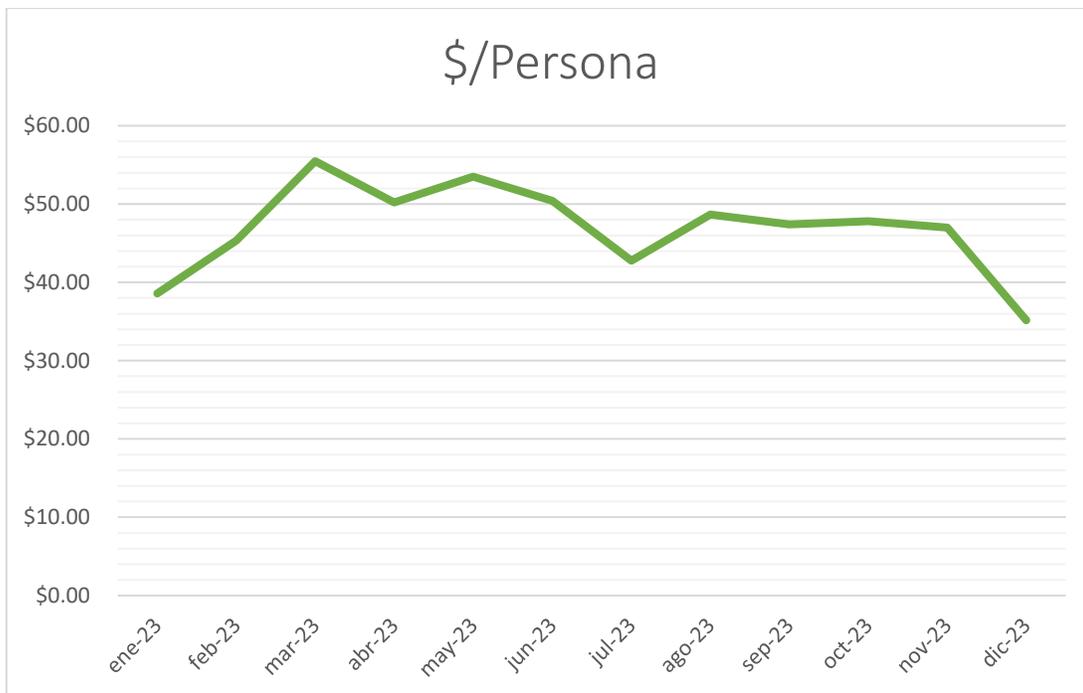


Ilustración 121 Costo monetario del consumo eléctrico por persona

Costo Monetario de bajo consumo de energía eléctrica del edificio Unidad Bibliotecaria FMO.

Para el análisis de costos monetarios del edificio simulando bajo consumo y con todas las mejoras propuestas, se obtuvieron los siguientes costos que presenta la siguiente tabla.

| MES | COSTO \$USD | \$/Persona |
|--------|-------------|------------|
| ene-24 | \$1,152.25 | \$16.00 |
| feb-24 | \$1,676.38 | \$23.28 |
| mar-24 | \$1,996.93 | \$27.74 |
| abr-24 | \$1,738.35 | \$24.14 |
| may-24 | \$1,945.23 | \$27.02 |
| jun-24 | \$1,851.74 | \$25.72 |
| jul-24 | \$1,509.94 | \$20.97 |
| ago-24 | \$1,681.06 | \$23.35 |
| sep-24 | \$1,586.91 | \$22.04 |
| oct-24 | \$1,640.20 | \$22.78 |
| nov-24 | \$1,647.61 | \$22.88 |
| dic-24 | \$1,019.91 | \$14.17 |
| Total | \$19,446.51 | \$270.09 |

Tabla 13 Costo Monetario de bajo consumo de energía eléctrica Línea Base Bajo Consumo

Como se puede observar en la tabla anterior tenemos los costos mensuales obteniendo un costo promedio mensual de \$ 1,620.54 lo cual alcanza un valor máximo en el mes de marzo con un costo de \$1,996.93.

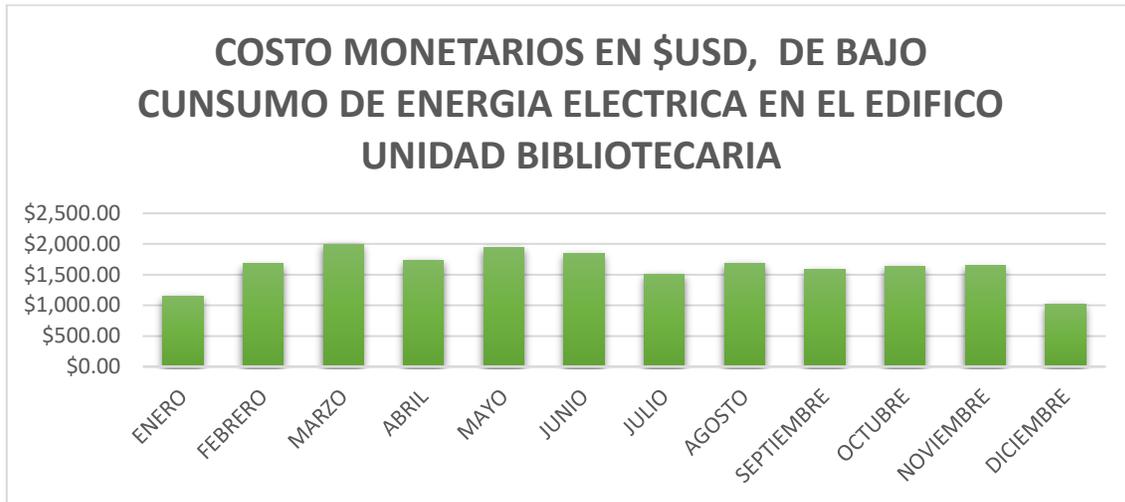


Ilustración 122 Costo Monetario de bajo consumo de energía eléctrica

Costo monetario del consumo eléctrico por persona bajo consumo.

En la siguiente grafica muestra el costo monetario por persona, dichas instalaciones fueron mejoradas con iluminación led, aires acondicionados más eficientes, reduciendo significativamente el costo con las instalaciones actuales del edificio. Teniendo un costo por persona de aproximadamente \$27, teniendo un ahorro de \$28 por persona.

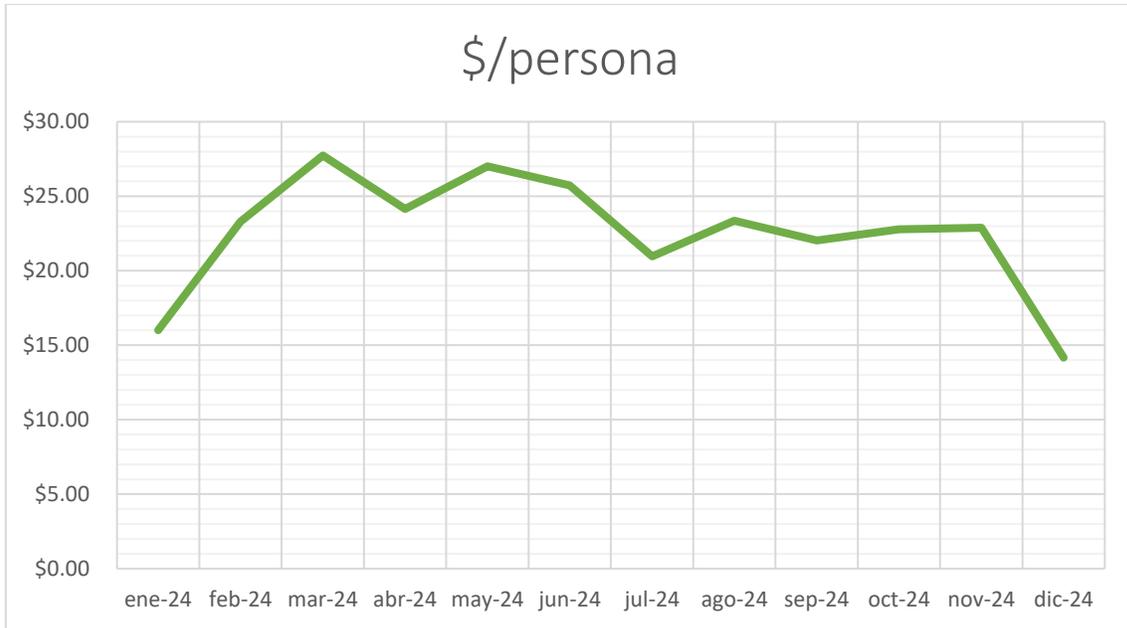


Ilustración 123 Costo monetario del consumo eléctrico Linea base bajo consumo

Consumo energético actual del edificio unidad bibliotecaria FMO.

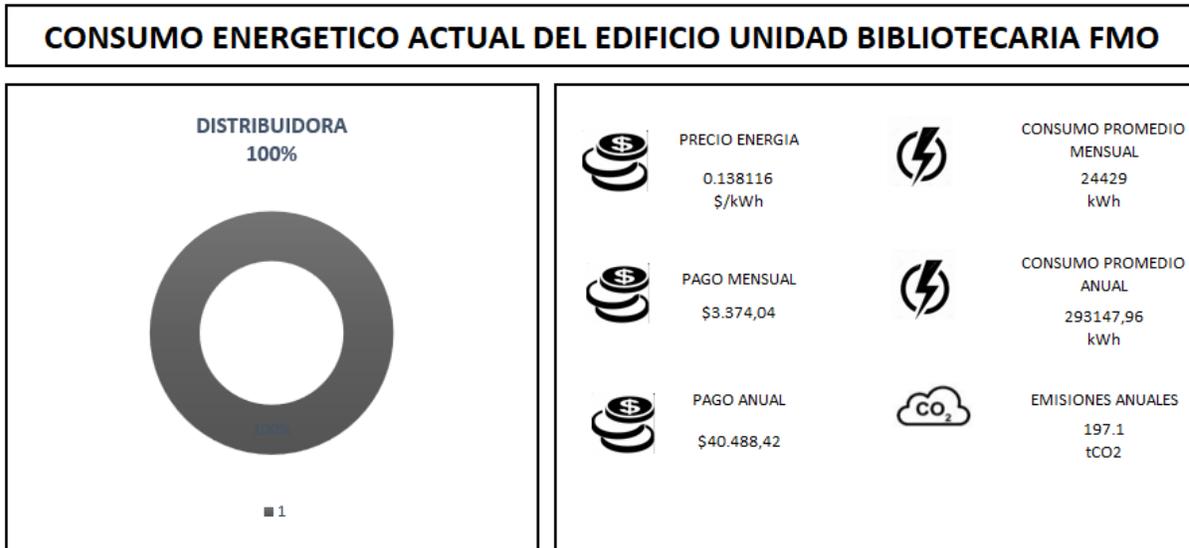


Ilustración 124 Consumo energético actual del edificio unidad bibliotecaria FMO.

Con generador solar fotovoltaico instalado en la unidad bibliotecaria FMO.

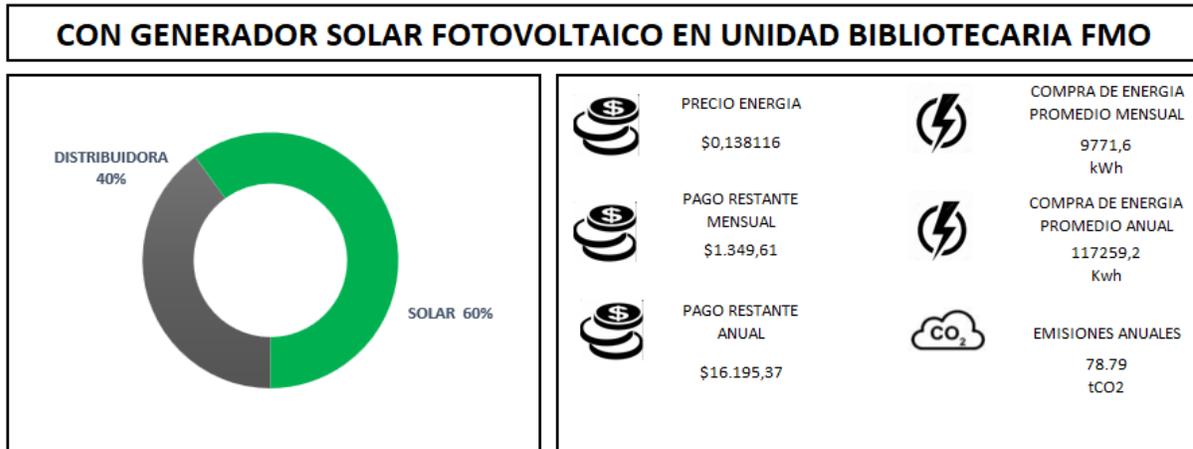


Ilustración 125 generación solar fotovoltaico instalado en la unidad bibliotecaria FMO

6.2 Planificación energética según lo requerido por la Norma ISO 50001

Como principal plan de acción a implementar en el edificio de la Unidad Bibliotecaria se encuentra la reducción de consumo de energía realizando mejora de equipos de iluminación completa en el edificio, la optimización de los equipos de enfriamiento ya que se encuentran en mal estado y la instalación de tecnologías renovables como lo es la generación fotovoltaica.

Teniendo en cuenta las simulaciones de línea base y los resultados a partir de la evaluación previa que se realizó en el edificio se tienen que establecer metas poco a poco por etapas si se desea siempre y cuando sean medibles para comparar consumos y tener un ciclo de mejora continua PDCA como los establece la ISO 50001 monitoreando estas medidas cada intervalo de tiempo bien cada 30 días, 60 días o dependiendo de las condiciones y resultados que se vayan obteniendo para definir la prioridad de lecturas y tipos de mediciones, para esto se tendría que pedir a la máxima autoridad del edificio la gestión de las mediciones de este tipo a los encargados del mantenimiento y la obtención de los equipos adecuados en lo que se refiere a la mejora continua de la eficiencia del edificio.

Como se calculó por medio del software se comparó el consumo energético con los porcentajes en las gráficas de pastel el cual se toma en cuenta antes de la mejora y el después de la mejora los resultados que arroja el programa

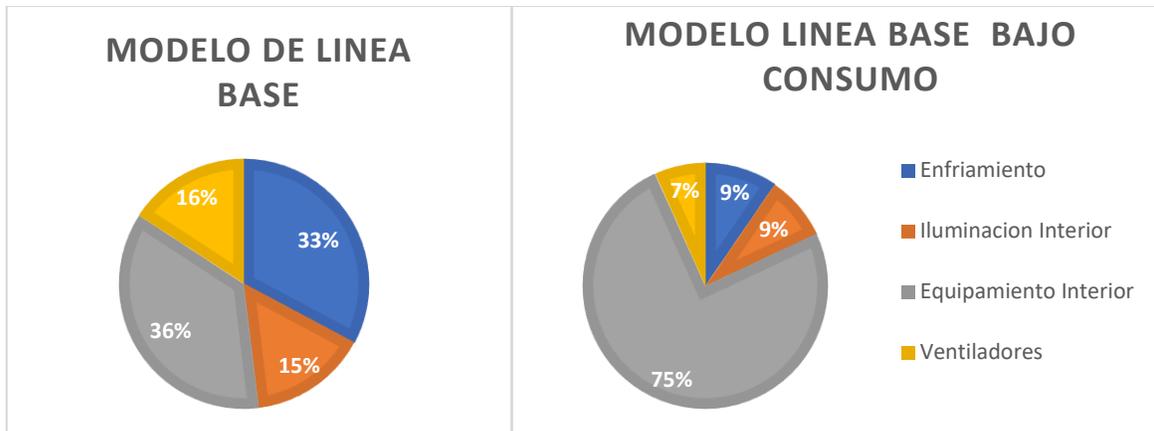


Ilustración 126 Comparación de modelo de línea base vs. Modelo de línea base de bajo consumo

Como se observa en los gráficos de pastel para el modelo de bajo consumo el porcentaje de iluminación, enfriamiento y ventilación se reduce al momento de realizar los cambios pertinentes demostrados en el capítulo anterior al realizar los cambios de luminarias a tecnología LED, y utilizar equipos de aires acondicionados de alta eficiencia Inverter SEER 19.5 y utilizándolos en el termostato a La temperatura de confort en la zona del edificio.

Indicadores de Desempeño energético de consumo específico e intensidad energética

| INDICADORES | Expresión | Modelo Base | Modelo base de Bajo Consumo | Ahorro |
|-------------|-----------|-------------|-----------------------------|--------|
|-------------|-----------|-------------|-----------------------------|--------|

Tabla 14 Indicadores de desempeño Energético Global comparativos para el modelo de línea base y modelo de línea base de bajo consumo

Como se muestra en la tabla los indicadores de desempeño energético global para el edificio la comparativa muestra un ahorro del 48%.

Para que se cumplan tales cambios requiere costos de inversión por lo que se ha detallado cada especificación en el capítulo anterior de este documento y se genera un resumen en la siguiente tabla:

| PRESUPUESTO | | | | | | | |
|--|-----------------------|-------------------------|--|----------|--------|----------------------|---------------------|
| Propuestas de cambios para Eficiencia Energética EN EDIFICIO UNIDAD BIBLIOTECA UES FMO | | | | | | | |
| Categoría: Construcción | | | Nombre del Proyecto: resumen de partidas | | | | |
| Código Especificación | Código Costo Unitario | Correlativo de Partidas | Partida | Cantidad | Unidad | Costo Unitario, US\$ | Valor, US\$ |
| 1 SUSTITUCION Y INSTALACION DE LUMINARIAS LED DE ALTA EFICIENCIA | | | | | | | |
| | | 1.01 | PROPUESTA DE ILUMINACION LED (TOTAL DE PARTIDA DETALLADA EN PROPUESTA) | 1 | U | | \$5,756.10 |
| 2 SUSTITUCION Y INSTALACION DE AIRES ACONDICIONADOS DE ALTA EFICIENCIA | | | | | | | |
| | | 2.01 | PROPUESTA DE AIRES ACONDICIONADOS INVERTER (TOTAL DE PARTIDA DETALLADA EN PROPUESTA) | 1 | U | | \$20,794.27 |
| 3 INSTALACION DE SISTEMA DE GENERACION FOTOVOLTAICO | | | | | | | |
| | | 3.01 | CONSTRUCCION DE SISTEMA FOTOVOLTAICO EN UNIDAD BIBLIOTECARIA FMO (DETALLADO EN LA PARTIDA ESPECIFICADA DE PRUPUESTA) | 1 | U | | \$211,066.15 |
| PRESUPUESTO TOTAL DE CONSTRUCCIÓN, US\$: | | | | | | | \$237,616.52 |

Tabla 15 Resumen de presupuesto para las modificaciones en el edificio

Se puede realizar los cambios propuestos por etapas, los principales cambios dan resultados a las deficiencias de eficiencia energética para la iluminación y climatización, para los equipos eléctricos se propone cargarlos al sistema de generación fotovoltaica para aliviar los costos de consumo que este tenga al momento de tomar en cuenta el modelo de línea base de bajo consumo.

Tiempo de recuperación por inversión en iluminación led.

$$\text{Consumo anual} = 11992.03 \text{ kWh/año}$$

$$\text{Costo } \$/\text{kWh} = 0.138116 \text{ } \$/\text{kWh}$$

$$\text{Inversion} = \$5,756.10$$

$$\text{Consumo anual} = 11992.03 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \times 0.138116 \frac{\$}{\text{kWh}} = 1,656.29 \text{ } \$/\text{año}$$

$$\text{T tiempo de recuperacion} = \frac{\text{Inversion}}{\text{Consumo Anual}}$$

$$\text{T tiempo recuperacion} = \frac{\$5,756.10}{1,656.29 \frac{\$}{\text{año}}} = 3.47 \text{ años}$$

Tiempo de recuperación por inversión en climatización inverter.

$$\text{Consumo anual} = 105921.59 \text{ kWh/año}$$

$$\text{Costo } \$/\text{kWh} = 0.138116 \text{ } \$/\text{kWh}$$

$$\text{Inversion} = \$20,794.27$$

$$\text{Consumo anual} = 105921.59 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \times 0.138116 \frac{\$}{\text{kWh}} = 14,629.47 \text{ } \$/\text{año}$$

$$\text{T tiempo de recuperacion} = \frac{\text{Inversion}}{\text{Consumo Anual}}$$

$$\text{T tiempo recuperacion} = \frac{\$20,794.27}{14,629.47 \frac{\$}{\text{año}}} = 1.42 \text{ años}$$

Control de seguimiento de ahorro energético

Para dar seguimiento al momento de hacer las modificaciones pertinentes es necesario que los empleados que utilicen las instalaciones del edificio se comprometan en hacer un buen uso en la gestión de la energía, por lo que primeramente se tiene que hacer una política energética, La política energética debe ser una declaración para que los miembros de la organización puedan entenderla fácilmente y aplicarla en sus actividades laborales. Además, tiene que ser apropiada a la magnitud del uso y consumo de la energía, incluyendo un compromiso de mejora continua en el desempeño energético. Asimismo, debe asegurar la disponibilidad de información y de recursos necesarios para alcanzar los objetivos y metas, e incluir un compromiso con los requisitos legales aplicables y otros requisitos que la organización suscriba relacionados con el uso y consumo de la energía y la eficiencia energética (formato ejemplo mostrado en anexos). (nqa, 2018)

A partir del compromiso la persona de alta dirección o alta gerencia que en este caso es el Decano de la facultad tiene el deber de velar por que se cumplan las metas de ahorro energético y que se cuente con una mejora continua incentivando los mantenimientos y los cambios que se requieran para dicha mejora y aumentar la eficiencia.

Medidas de ahorro energético en el edificio

Durante las inspecciones que se hicieron en el edificio durante este trabajo se pudo recolectar información de que en el área de equipo eléctrico dejan conectada la cafetera durante casi todo el día aquí no existe un nivel de conciencia favorable, también se notó que hay áreas de ocupación que no requiere de iluminación artificial ya que entra suficiente iluminación natural por las ventanas, se debe concientizar a las personas de que no es necesario tener las luces encendidas durante cierto tiempo mientras no lo requiera.

Dentro de estas medidas de ahorro podemos implementar el uso de electrodomésticos con buena calificación energética, que sean eficientes y tengan un menor consumo eléctrico, pero con el mismo resultado de actividad que cada equipo requiere para las personas dentro del edificio.

Otra medida de ahorro sería concientizar a las personas que habitualmente permanecen en las instalaciones del edificio que siempre se aseguren de apagar las luces de la habitación o cubículo y utilizar luces de bajo consumo.

Se noto que en espacios con climatización artificial no cuentan con termostato programable para regular la temperatura de la calefacción y el aire acondicionado.

Una forma rápida y sencilla de ahorrar energía en el sistema de iluminación es sustituir o adaptar las luminarias existentes por unas más eficientes. A menudo es posible mejorar la calidad de la luz al mismo tiempo.

Antes de sustituir las luminarias debemos tomar en cuenta lo siguiente:

- Inspeccionar periódicamente si las luminarias están sucias o descoloradas y limpiarlas para evitar una baja luminosidad, si están dañadas reemplazarlas por unas nuevas o más modernas que pueden ser más fáciles de limpiar.
- Verificar el uso que se le da a la luminaria en la instalación, identificar cuánto tiempo pasa encendida y para qué es utilizada
- Evitar tener interruptores que controlen gran cantidad de luminarias, si los espacios no se utilizan frecuentemente instalar temporizadores, fotoceldas o sensores de ocupación.
- Verificar que los niveles de luminosidad no sean demasiados altos, evaluar con un luxómetro que este no sobrepase a la norma (Reglamento General de Prevención de Riesgos en los Lugares de Trabajo de El Salvador).
- Desconectar del sistema luces que no sean necesarias o apagar aquellas que durante el día están muy cercanas a espacios abiertos.
- Para espacios exteriores evitar tener más luminarias de las necesarias, de ser posible instalar fotoceldas o sensores de ocupación que eviten tener dichas luminarias encendidas durante el día

Las medidas de ahorro energético se concentran en sectorizar, modular y personalizar el uso de la energía. Ósea disponer de la energía para un requerimiento específico, por ejemplo, con el

uso del aire acondicionado en las instalaciones del edificio de unidad bibliotecaria se debe de tener un monitoreo y sensores para que estos sean más eficientes.

Describiremos algunas medidas de ahorro para cada elemento del sistema:

Compresor: Utilizar preferentemente compresores multi-etapas o bien compresores de alta eficiencia, consultar con el proveedor de equipos que tan eficientes son y siempre requerir el manual de operación.

Condensadores de Aire: Implementar siempre condensadores evaporativos en vez de condensadores secos, siempre purgar el aire del circuito del condensador. Limpiar los condensadores y promover políticas de mantenimiento que analicen periódicamente el funcionamiento del condensador.

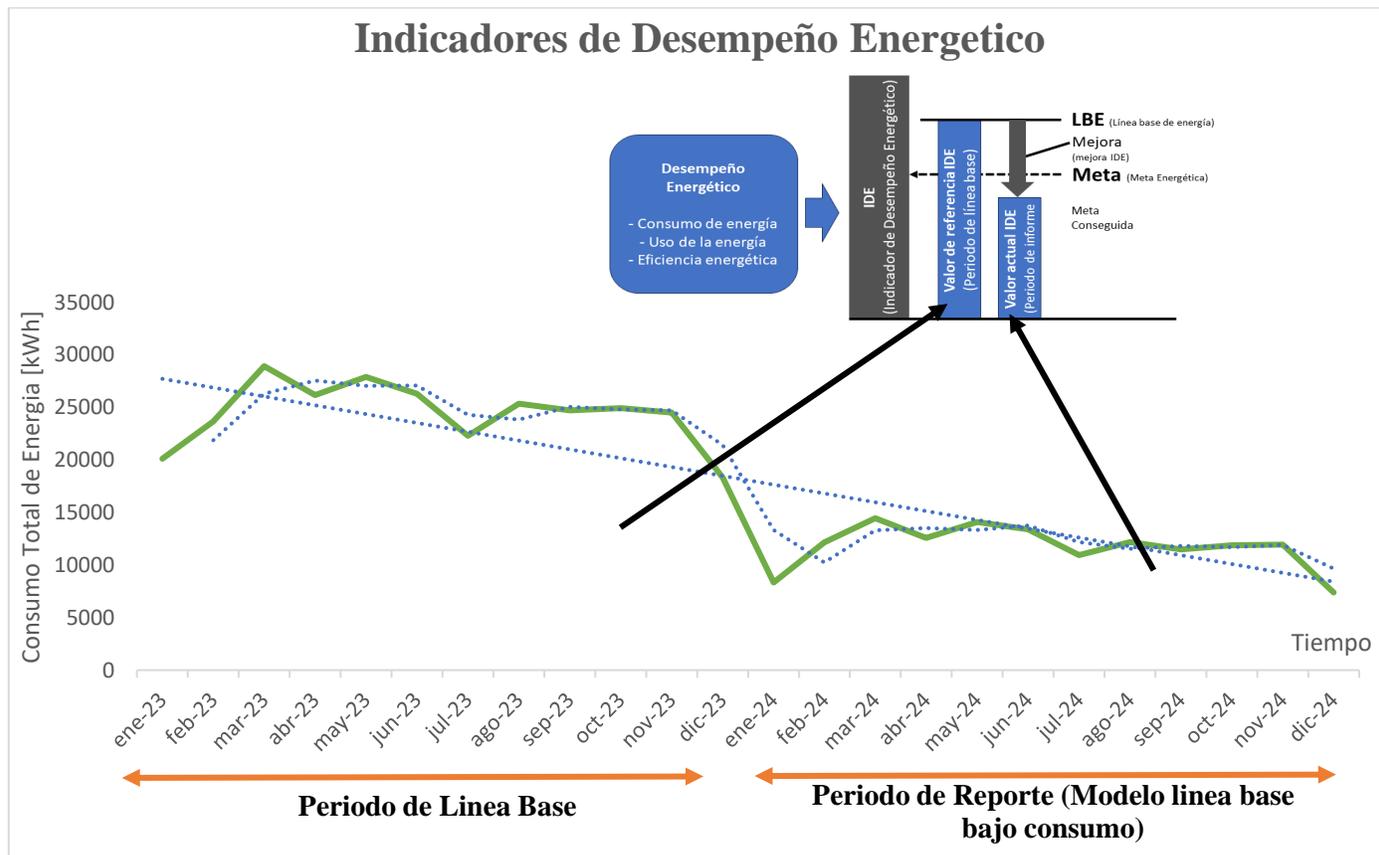


Ilustración 127 Resumen de forma de reporte de consumo de línea base vs. la meta

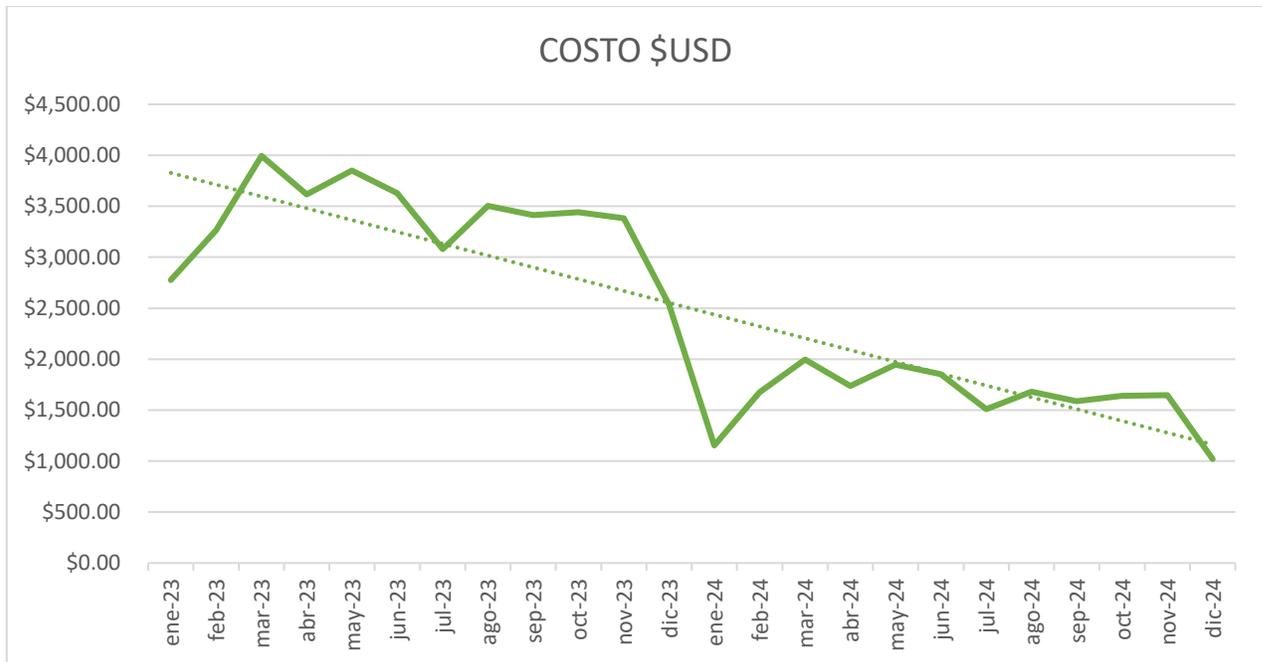


Ilustración 128 Resumen de forma de reporte de costos de línea base vr. la meta

De esta forma quedaría el reporte del seguimiento de las mediciones de consumo con un antes y un después tomando en cuenta las mejoras de meta energética

Conclusiones

Una vez finalizado el trabajo de investigación analizados e interpretados los datos se concluye que:

- En el edificio de la Unidad bibliotecaria de la FMO cuenta con una estructura organizacional en la cual los miembros que la conforman ejecutan su funcionamiento administrativo y académico con el fin de desarrollar los objetivos en relación a la docencia, investigación y proyección social
- En Base a las mediciones con el analizador de potencia se verifico que el edificio se encuentra sano referente a el factor de potencia ya que este está por encima del 0.9, no se tienen variaciones de diferencia de potencial excesivos al igual que no se encontraron caídas de tensiones por debajo del 3%, no hay desbalances y lo más importante tomando en cuenta que la subestación instalada para el edificio es de 300kVA se confirma que la subestación está trabajando a un 42.32% de su capacidad máxima por lo que no se encuentra sobrecargado.

- De las simulaciones del software que se tienen a partir de la línea base, los indicadores energéticos y como este puede mejorar a partir de cambios con equipos eficientes por lo que se tiene un ahorro energético de 48% con la sustitución de iluminación fluorescente a iluminación con tecnología LED y equipos de climatización inverter SEER 19.
- Mediante el levantamiento del Edificio de Unidad Bibliotecaria de Universidad de El Salvador FMO en el software Sketchup y simulación del sistema de consumo eléctrico en OpenStudio, se obtuvo resultados del consumo energético anual de 293147.96 kWh, en donde estos se dividen en consumo de equipo de enfriamiento 96183.48 kWh, consumo de iluminación 44776.87 kWh, consumo de equipo eléctrico 105921.59 kWh y equipo de ventiladores 46266.96 kWh.
- Posterior a las mejoras implementadas al edificio de unidad bibliotecaria con el cambio de iluminación a tecnología led y cambios en equipo de enfriamiento se obtuvieron que el consumo anual es de 140798.36 kWh, para equipo de enfriamiento fue de 13387.22 kWh, iluminación 11992.03 kWh, equipo eléctrico 1055921.59 kWh y equipo de ventilación 9497.52 kWh.
- De la propuesta del sistema de generación eléctrica aprovechado la energía del sol se ve una reducción considerable del 60% de la facturación del costo del consumo eléctrico del edificio quedando el sistema de generación eléctrica de la planta fotovoltaica de 112 kWp potencia a instalar sobre el edificio Unidad Bibliotecaria equivalente a una inversión de \$211,066.95, teniendo un tiempo de recuperación de la inversión de 6 años con 6 meses.
- A partir de la investigación realizada al edificio se determina que los indicadores adecuados que determinan el cumplimiento de los hitos de la metodología ISO 50001 serán efectivos siempre que se cumpla la concientización del personal del edificio, como se mostró en el capítulo 6 de este documento se realizó un modelo base en el cual se reflejan los consumos de energía actuales en el edificio teniendo el Indicador de desempeño energético global [kWh/m²] de 81.21, el cual es la suma de los indicadores de desempeño en iluminación, ventilación, equipo de enfriamiento y equipo eléctrico, teniendo costos anuales aproximados a \$40,488.43 asumiendo personal del edificio y personal de horas practicas se tiene un gasto anual per cápita [\$/personal] de \$562.34

por lo que para el indicador de consumo anual por personal [kWh/personal] se tiene 4,071.48.

Ahora ya a partir del modelo base de bajo consumo la suma de los indicadores de desempeño energético para iluminación, ventilación, equipos de enfriamiento y equipo eléctrico se tiene como global [kWh/m²] de 39.01 lo que muestra un ahorro significativo de 48% teniendo alta eficiencia energética en equipos de iluminación con una recuperación de inversión de 3 años y 5 meses y en climatización 1 año y 5 meses, siendo los indicadores más significativos, mientras para los equipos eléctricos internos como computadoras, impresoras, cafeteras, se propone un sistema de generación fotovoltaica utilizando un 60% de su generación total calculada del modelo base de bajo consumo ya que la mayor utilización de consumo del edificio es en horario resto que es de las 5 AM hasta las 5:59 PM y ya que el tiempo de operación del edificio es desde las 8 AM a 4 PM funcionaria en óptimas condiciones en el transcurso de operación, esta inversión de \$211,066.95 tendrá su tiempo de recuperación de 6 años y 6 meses, con esto se realiza un análisis de costos, teniendo que los costos anuales serán de \$19,446.51 un gasto anual per cápita [\$/personal] de \$270.09 y para el indicador de consumo anual por personal [kWh/personal] se tiene 1,955.5.

Con esto se tiene ya los indicadores de consumo de energía, la aplicación de la eficiencia energética y cálculo de costos tomando en cuenta los aspectos energéticos significativos, en lo que es la planificación y control operacional en la que se incluye la gestión eficaz de la energía se crean rótulos (ver anexos) para pegarlos en los distintos cubículos o aulas, también se muestra una área de recomendaciones en este documento, lo último y más importante es la concientización del personal para ello se debe de asegurar programas de capacitación y concientización que involucre todo el personal y estudiantes que utilizan las instalaciones del edificio ya que a partir de las encuestas realizadas la mayoría no conoce la manera de implementar un sistema de gestión energético y la eficiencia energética para ello es importante por lo que se recomienda que los alumnos y maestros en la FMO realicen charlas sobre la eficiencia energética y sus beneficios.

Recomendaciones

Posterior a las conclusiones que nacieron una vez procesada y analizada la información se recomienda:

- A partir de la toma de información cualitativa en el edificio se encontró una deficiencia en el conocimiento sobre la eficiencia energética, Las normativas ISO y los sistemas de gestión energéticos, como primer punto para la implementación de dicho sistema es necesario una preplanificación de capacitación al personal y diversas charlas que se pueden planear de parte de los estudiantes que cursan materias donde se explique la utilización y como benefician a largo plazo.
- De acuerdo a la simulación del edificio respecto a la iluminación existente con lámparas fluorescentes obtuvimos un resultado del 15% equivalente a 44776.87 kWh/año, por otra parte, se simulo una segunda vez con cambio de lámparas a tecnología led y obtuvimos un resultado del 9% equivalente a 11992.03 kWh/año, teniendo una reducción del 6% del consumo eléctrico, donde recomendamos la sustitución total de toda la iluminación a lámparas led de 18W T8.
- Se recomienda aprovechar la luz natural de las ventanas en cada cubículo de ocupación, además apagar las luces antes al salir del horario de trabajo.
- Con el equipo eléctrico de las instalaciones del edificio, se recomienda la utilización de termos para no dejar conectada la cafetera durante todo el día
- Se recomienda que mientras se utilice el cargador de celular no dejarlo conectado en el tomacorriente cuando este esté cargado el 100%.
- Con los equipos de enfriamiento se recomienda dejar a una temperatura de confort establecida que es en invierno 24°C y en verano 27°C, y no permanecer con las puertas abiertas ni ventanas abiertas para evitar un mayor consumo del equipo.

Referencias Bibliográficas

- 17024, I. (2012). Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para organismos que operan la certificación de personas. Recuperado el 20 de 12 de 2023, de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:17024:ed-2:v1:es>
- Acoltzi, H., & Pérez, H. (2017). *ISO 50001, Gestión de Energía*. Artículo Técnico, Mexico. Recuperado el 4 de Marzo de 2023

- Agencia Chilena de Eficiencia Energetica, F. C. (Marzo de 2015). Guia para la Calificacion de Consultores en Eficiencia Energetica. pág. 312.
- Ardon, I. M. (2014). *Introducción a la Eficiencia Energetica*. San Salvador, El Salvador: Consejo Nacional de Energia. Recuperado el 06 de 05 de 2023
- BSI.Standards Publication. (2014). *ISO 50006:2014*. Switzerland. Recuperado el 26 de agosto de 2023
- Carretero Peña, A., & García Sánchez, J. (2012). *Gestión de la eficiencia energetica: Cálculo del consumo, indicadores y mejora*. Madrid: AENOR. Recuperado el 10 de 05 de 2023, de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/40723065/6-aenor_50001-libre.pdf?1449784301=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3D6_aenor_50001.pdf&Expires=1683763527&Signature=dbLzhtCvU~W3DmhF-GC8Nln5M73MrRslVtcHdvmC-s9OZZ08fAd6uRYZG5gODC3kGHKAslK
- Consejo Nacional de Energia. (2016). *Sector Electrico de El Salvador*. San Salvador.
- de Laire, M., Fiallos , Y., & Aguilera, Á. (2018). *Guía de Implementación de Sistemas de Gestión de Energía basados en ISO 50001*. Providencia, Santiago, Chile: Cuarta Edición. Recuperado el 5 de marzo de 2023, de https://mipymes.gestionaenergia.cl/sites/default/files/2019/02/guiaISO_50001.pdf
- Gonzales, J., & Del Castillo, D. (2020). *Propuesta metodológica para la*. Tesis. Recuperado el 2023, de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/346396/TJCG1de1.pdf?sequence=1>
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). México DF: Mc Graw Hill Education. Recuperado el 19 de Agosto de 2023
- IEEE (Libro de Bronce). (1996). *IEEE Recommended Practice for Energy Management and Industrial and Commercial Facilities*. Nueva York. Recuperado el 23 de Agosto de 2023
- Indicadores de Eficiencia Energetica. (28 de Julio de 2022). *Todo Luz Y Gas*. España. Recuperado el 04 de Marzo de 2023, de <https://www.todoluzygas.es/blog/sostenibilidad/indicadores-de-eficiencia-energetica>
- ISO. (2014). *ISO 50002:2014*. Recuperado el 12 de Agosto de 2023
- ISO 50015:2014. (2014). *Energy management systems*. Organization for Standardization. Recuperado el 23 de Agosto de 2023
- Larrahondo, D. (2019). *Implementación de una Auditoría Energética de Acuerdo a la Norma ISO 50001 en una empresa panificadora*. Trabajo de Investigación, Universidad AUtonoma de Occidente, Santiago de Cali. Recuperado el 15 de Agosto de 2023, de <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/11657/T08820.pdf?sequence=8&isAllowed=y>
- Manual de Eficiencia Energetica Fenosa. (2008). España. Recuperado el 06 de 05 de 2023, de https://www.fundacionseres.org/lists/informes/attachments/1114/manual%20eficiencia%20energ%c3%a9tica_fenosa.pdf
- Normalizacion), O. (. (s.f.). Eficiencia Energetica. Especialista en Eficiencia Energetica. *Norma Tecnica Salvadoreña NTS 27.47.01:23*.

- nqa. (2018). *ISO 50001: 2018 Guía de implantación de sistemas de gestión de la energía*. (Organismo de Certificación Global). nqa (Organismo de Certificación Global). Recuperado el 6 de 5 de 2023, de <https://www.nqa.com/medialibraries/NQA/NQA-Media-Library/PDFs/Spanish%20QRFs%20and%20PDFs/NQA-ISO-50001-Guia-de-implantacion.pdf>
- Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET). (2007). *Portafolio*. San Salvador: SNET.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2016). En *Física para Ciencias e Ingenierías* (Vol. 19na, pág. 180). Mexico D.F.: Cengage. Recuperado el 26 de Febrero de 2023
- SIGET. (30 de 12 de 2004). Normas de Calidad . *Acuerdo 192-E-2004*, pág. 60. Recuperado el 15 de 11 de 2023, de <https://www.bing.com/ck/a?!&&p=c6dc7a9505a79707JmltdHM9MTcwMDAwNjQwMCZpZ3VpZD0yM2JmNmE0YS03NThjLTZiOWYtMzNiZi02NTU0NzRhOTZhOWEmaW5zaWQ9NTE4NA&pptn=3&ver=2&hsh=3&fclid=23bf6a4a-758c-6b9f-33bf-655474a96a9a&psq=SIGET+192-E-2004&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cudHJhbnNwYXJ>
- Universidad de El Salvador. (2019). *Historia de la Universidad de El Salvador*. San Salvador, El Salvador. Recuperado el 22 de julio de 2023
- Universidad de El Salvador. (10 de Abril de 2023). *Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental*. Obtenido de <http://fmoues.edu.sv/index.php/unidades/26-biblioteca>

Anexo N°1: Instrumento de Recolección de datos

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA



Encuesta dirigida a: Personal que hace uso de las instalaciones del edificio de la unidad bibliotecaria de la Universidad de El Salvador.

Propósito: Estudiar los diferentes indicadores del sistema de gestión Energéticos para la aplicación de la norma ISO 50001 en el edificio de Unidad Bibliotecaria Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador.

Indicación General: Marque con una “X” la opción que considera conveniente, seguir las indicaciones específicas de cada interrogante.

Datos Generales:

1- Seleccione el rango de edad que pertenece:

- 18 – 20 años
- 20 – 25 años
- 25 – 30 años
- 30 – 50 años
- 50 – a más

2- Genero:

- Masculino
- Femenino
- Otro. Especifique: _____

3- ¿Cuál es su rol en la Universidad?:

- Estudiante
- Docente
- Personal Administrativo
- Personal de Mantenimiento
- Otro. Especifique: _____

Desarrollo.

1- ¿Tiene usted conocimiento acerca de la Norma ISO 50001?

Si

No

2- Si su respuesta es SI, ¿Qué conoce sobre la Norma ISO 50001?

3- ¿Sabe usted que es un Sistema de Gestión Energético?

Si

No

4- ¿Si su respuesta es SI, ¿Qué conoce sobre un Sistema de Gestión Energético?

1- ¿Tiene usted conocimiento acerca de la Eficiencia Energética?

Si

No

4- ¿Si su respuesta es SI, ¿Qué conoce sobre la Eficiencia Energética?

2- ¿Considera importante concientizar a la población estudiantil sobre la eficiencia energético y el ahorro energético?

Si

No

3- ¿Considera usted que los docentes son un factor fundamental para el desarrollo de un programa de eficiencia en el consumo de energía del edificio?

Si

No

4- ¿Dentro del edificio ha visto acciones relacionadas con la eficiencia energética?

Si

No

5- ¿Cree usted que es importante aplicar un sistema de gestión energética en el edificio de Unidad Biblioteca?

Si

No

6- ¿Considera que en el edificio de la Unidad Bibliotecaria se toman las medidas necesarias para llevar un buen ahorro energético?

Si

No

7- ¿Qué medidas conoce usted que se implementan en este edificio?

Uso programado de los aires acondicionados

Regulación de la temperatura de los aires acondicionados

Uso programado de las computadoras

Uso de lámparas de mayor eficiencia energética

Todas las anteriores

Ninguna de las anteriores

Otros. Especifique: _____

8- ¿Qué medidas piensa usted que se puede implementar para una mayor eficiencia energética en el edificio Unidad Biblioteca?

Aplicación de paneles solares

Regular el uso de aparatos electrónicos

Implementación de plantas eléctricas

Jornadas de ahorro energético

Capacitar al personal acerca de sistemas de gestión eléctrica

Otros. Especifique: _____

9- ¿Contribuye usted con el ahorro energético del edificio? Si su respuesta fue NO pase a la pregunta 11.

Si

No

10- ¿Qué medidas implementa?

Regulación del uso de energía en salones u oficina

Control adecuado del uso del aire acondicionado

Concientiza a otras personas sobre el ahorro de energía

Otro. Especifique: _____

11- ¿Trae a la universidad alguno de los siguientes dispositivos electrónicos? Puede seleccionar más de una

- Celular Bocinas portátiles
 Laptop Tablet
 Otro. Especifique: _____

12- ¿Cuánto tiempo por día carga usted los dispositivos electrónicos dentro de las instalaciones del edificio?

- 10 a 30 min
 30 a 60 min
 60 a más min

13- ¿Desenchufa los aparatos electrónicos, cargadores y apaga las luces cuando no los utiliza y al terminar la jornada laboral?

- Si No
 A veces

14- ¿Sus compañeros apagan los equipos ofimáticos y/o luminarias al retirarse?

- Si No
 A veces

15- ¿Qué equipo eléctrico utiliza generalmente en el edificio Unidad Bibliotecaria? Puede seleccionar más de una

- Computadora de escritorio Aire acondicionado
 Laptop Radio
 Cafetera Fotocopiadora
 Teléfono de oficina Televisor
 Oasis Refrigerador
 Microondas Impresora
 Ventilador
 Otros. Especifique: _____

16- ¿Posee aire acondicionado en su lugar de trabajo o aula de estudio?

Si

No

17- ¿Considera usted que es importante el mantenimiento en los aires acondicionados?

Si

No

20. ¿Cuál es su opinión con respecto al uso del aire acondicionado en su área de trabajo o aula de clases?

Esta muy frio

Mal olor

Se siente mucho calor

Molesta al respirar

Otros. Especifique: _____

21. ¿En qué área de trabajo o nombre de aula donde recibe clases se presenta las problemáticas del ítem anterior con respecto al uso de aire acondicionado?

Primer Nivel:

Clínica de atención psicológica

Centro de Computo

Área de conservación y preservación

Laboratorio de Computo

Sala de internet

Laboratorio de Idiomas

Jefatura

Segundo Nivel:

Departamento de procesos técnicos y desarrollo de las colecciones.

Coordinación de género.

Salas de conferencias.

Departamento de sistemas Informáticos.

Área de reparación y mantenimiento de equipos.

Unidad de Planificación y Asesoría.

Administración Financiera.

Administración General.

Unidad de recursos humanos

Decanato, Vicedecanato y secretaria

Unidad de desarrollo físico.

22. ¿Presenta usted alguna enfermedad durante su estancia en el edificio de la Unidad Biblioteca? Si su respuesta es NO omita la pregunta 23.

SI

NO

23. ¿Frecuentemente que tipo de enfermedades presenta usted y sus compañeros de trabajo o estudio durante su estancia en el edificio?

Alergias, Resfriados

Dolores de cabeza frecuentes.

Asma

Mareos

Hipertensión Arterial alta
(Presión alta)

Cansancio o Agotamiento

Otro. Especifique: _____

Gracias por su colaboración.

Anexo N°2 Política Energética Formato original de NQA

Fecha: __/__/__

POLÍTICA ENERGÉTICA

Los empleados del edificio de la unidad bibliotecaria es consciente de que el cumplimiento de su misión y objetivos, implica que debe ser más competitiva en los mercados en que opera y ser cada vez más sustentable. Para los empleados del edificio de la unidad bibliotecaria el uso eficiente de los recursos energéticos es un pilar fundamental para ser competitivos y sustentables ambientalmente.

Para ello, la Organización de empleados del edificio contará con metas energéticas exigentes en sus operaciones con un Sistema de Gestión de la Energía bajo estándar ISO 50001, con el fin de lograr mejora continua del desempeño energético.

El edificio de la unidad bibliotecaria apuesta por alcanzar un desempeño energético mejorado adquiriendo los siguientes compromisos:

1. Mejorar continuamente el desempeño energético.
2. Fomentar el uso eficiente de la energía y el ahorro energético en sus instalaciones.
3. Implementar nuevas tecnologías y mejorar las existentes para consumir energía en las instalaciones de manera más eficiente.
4. Mejorar los hábitos de consumo de energía por parte de los trabajadores y personal perteneciente a empresas contratistas.
5. Fomentar el empleo en la medida de lo posible de tecnologías renovables de producción de energía.
6. Asegurar la disponibilidad de información y recursos para lograr los objetivos y metas energéticas.
7. Apoyar la compra de productos eficientes en energía con el fin de mejorar el rendimiento energético.
8. Cumplir con los requisitos aplicables relacionados con sus usos y consumos energéticos.

Firma: _____

Representante de junta directiva UES FMO

Anexo N°3 Formato de Carteles para concientización



- Procura mantener la temperatura del Aire Acondicionado a la temperatura de Comfort según la ASHRAE Std. 55:
En invierno: 24°C
En Verano : 27°C
- Asegúrate de que el sitio donde esta enfriando el Aire Acondicionado se mantenga hermético sin salidas de aire ya que trabaja mas forzado el condensador y no descansa
- Utiliza la iluminación solo cuando sea requerida
- Al momento de salir de las instalaciones del edificio procura que queden apagadas las luces si no se requiere iluminación
- Procura de apagar siempre y cuando no se utilicen y al momento de dejar las instalaciones :
Equipo de oficina como computadoras impresoras, cafeteras, Oasis y ventiladores cuando ya no se requiera su utilización.
- se recomienda la utilización de termos para no dejar conectada la cafetera durante todo el día.

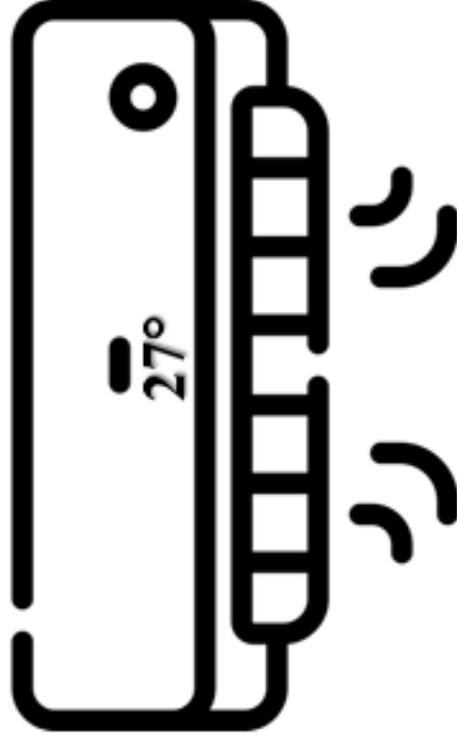


**LA TEMPERATURA DE ESTE
SALON ESTA CLIMATIZADA A
TEMPERATURA DE COMFORT
SEGÚN LA ASHRAE Std. 55:**

En invierno: 24°C

En Verano : 27°C

PARA AHORRAR ENERGIA



NOTA: Si la temperatura esta adecuada y no se siente el Confort y sientes
alergia y mal olor despidiendo del Equipo de climatización avisa a las
autoridades correspondientes del edificio para que gestionen el debido
mantenimiento al equipo



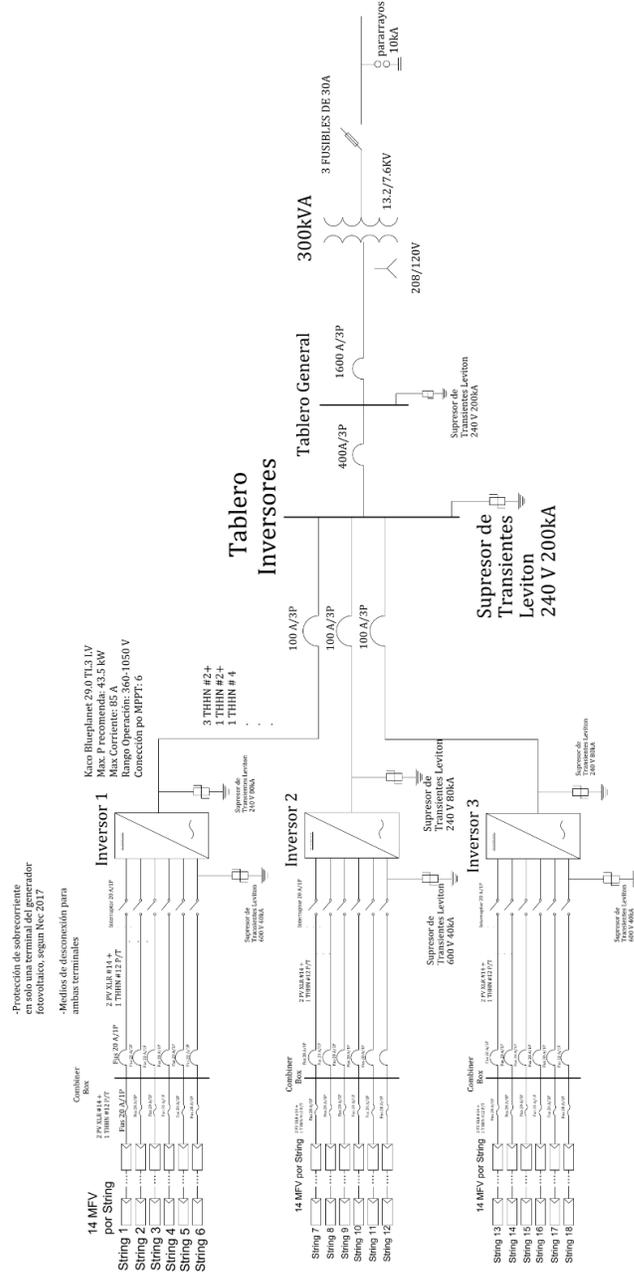
APAGAR LAS LUCES AL CERRAR ACTIVIDADES

EN EL SALON



Anexo N°4 Diagrama Unifilar del Sistema Fotovoltaico

Diagrama Unifilar del Sistema Fotovoltaico



ESQUEMA DE UBICACIÓN SIN ESCALA

PROYECTO: PROPUESTA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

UBICACIÓN: UNIVERSIDAD POMA CANTON EL AITE, SAN MIGUEL

PROPIETARIO:

UBICACIÓN CANTONAL:

AREA DE PROYECTO:

AREA DE EDIFICACIÓN:

PRESENTA:

DIBUJÓ: DR. DAVID BARRIOS

ESCALA: SIN ESCALA

FECHA: AGOSTO 2023

CONTENIDO:

1. PLAN DE UBICACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO EN UNIDAD DE BIBLIOTECA FMO

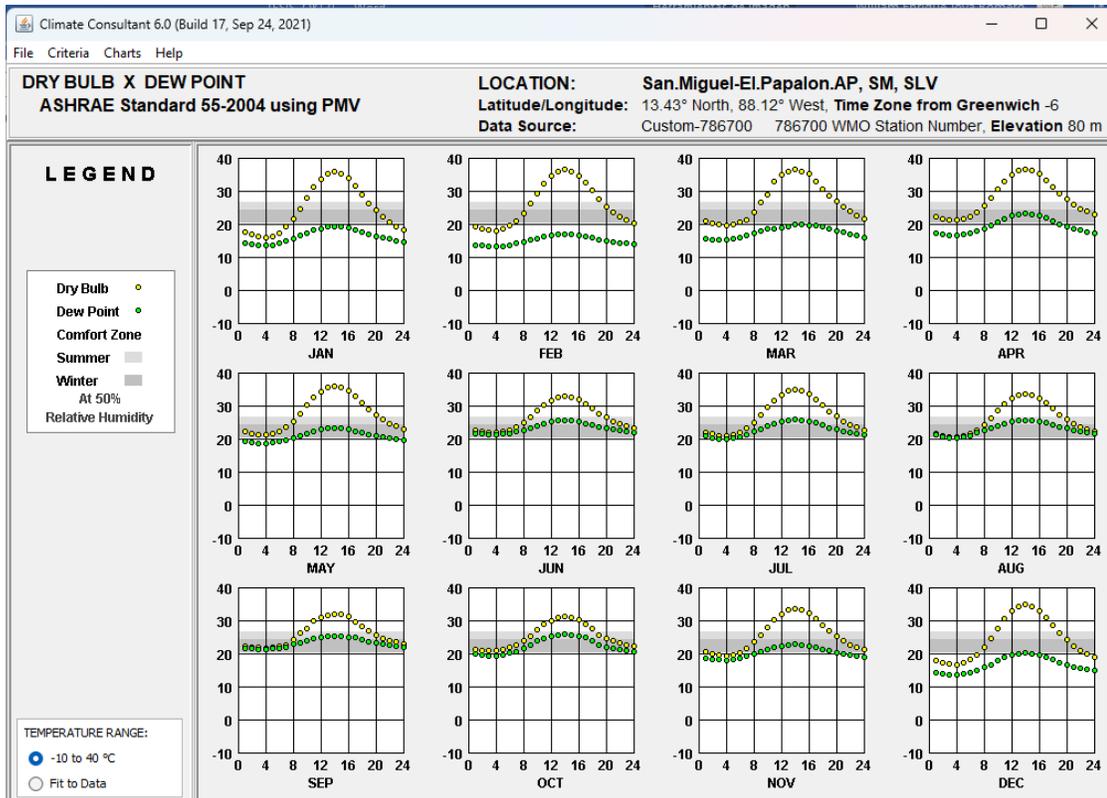
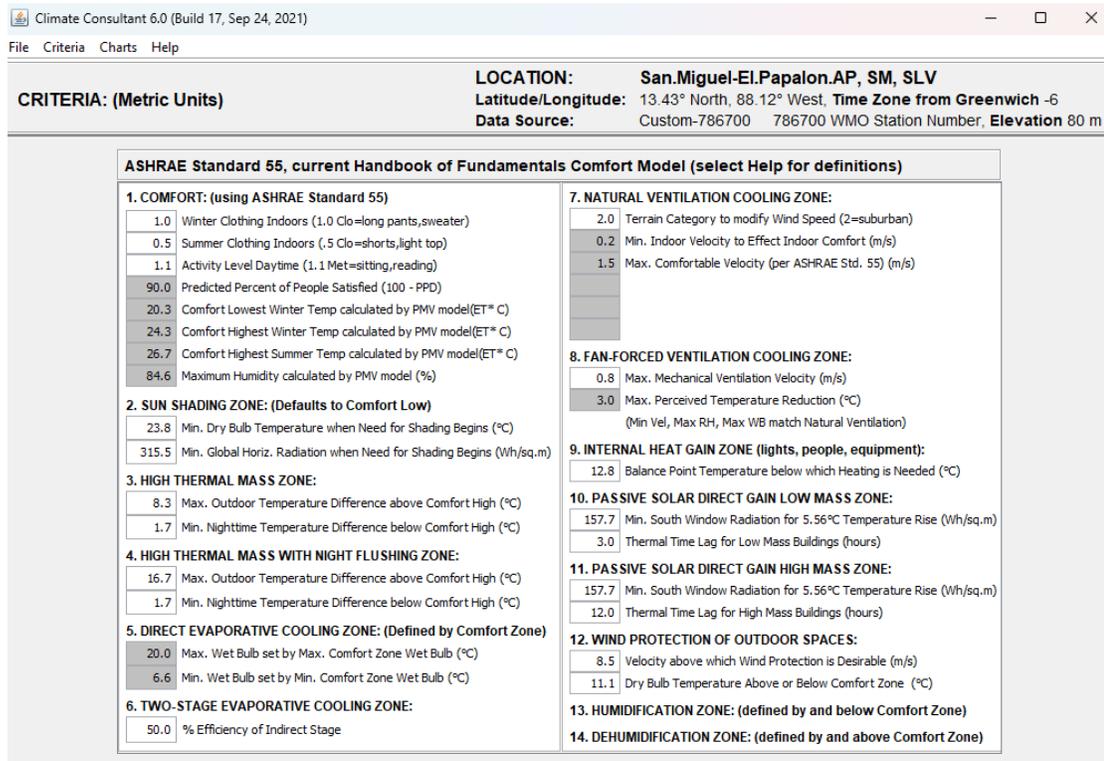
EDIFICACIÓN:

No HOJA:

1/1

CUADRO DE SELLOS:

Anexo N°5 Resultado de datos en Aplicación Climate Consultant 6.0 mediante Datos de Clima de San Miguel, El Papalón.



Anexo N°6 Ficha técnica de inversores implementados



blueplanet 29.0 TL3 LV

Inversor tipo string trifásico, sin transformador.



Económico y flexible

La entrada de voltaje DC es hasta 1100 V lo que permite mayor flexibilidad y un diseño más seguro.

La sección de entrada de cables es más grande, lo que permite conexiones con aluminio o cobre.

Compacto y ligero, ideal para instalación en pared.

La configuración de entradas nos ayuda a reducir costos en DC y AC.

El amplio rango de operación del MPP da una gran flexibilidad en el diseño de los string.

El rango de operación del factor de potencia permite 0,3 inductivo y capacitivo lo que se ajusta a todos los requerimientos de potencia reactiva.

Es permitido hasta una relación DC/AC de 150%.

Diseño y fabricación alemana.

[Versión traducida del inglés. Versión oficial en alemán.](#)

www.kaco-newenergy.com

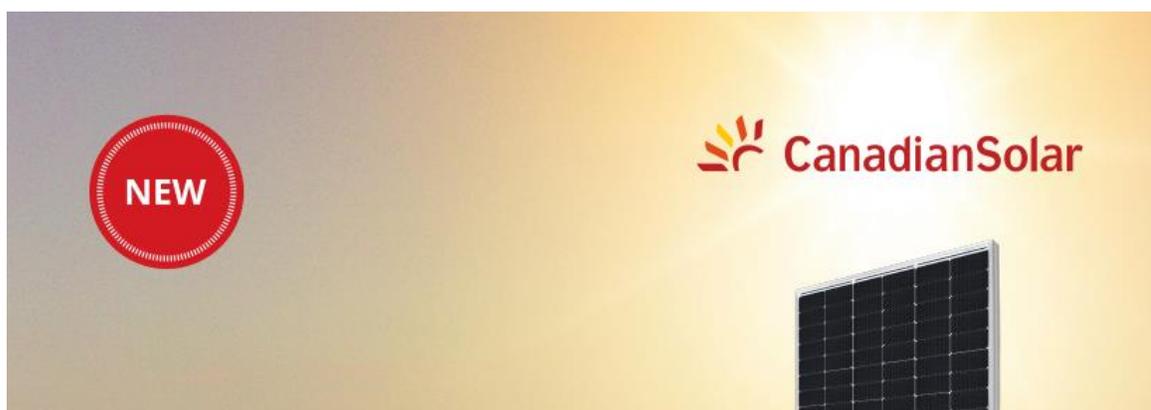
Características Técnicas

| | | | | | |
|---|--|---|---|---|------------|
| Datos de entrada DC | | 29.0 TL3 LV | | | |
| Max. PV potencia recomendada | | 43 500 W | | | |
| Rango del MPP | | 360 - 900 V | | | |
| Rango de Operación | | 360 - 1050 V | | | |
| Rated DC voltage / voltaje de encendido | | 410 V / 460 V | | | |
| Max. tensión sin carga | | 1 100 V | | | |
| Max. corriente de entrada | | 85 A | | | |
| Max. corriente de corto circuito $I_{sc,max}$ | | 190 A | | | |
| Numero de seguidores de MPP | | 1 | | | |
| Conexiones por MPP | | S / B / M : 1; XL: 6 | | | |
| Datos de salida AC | | | | | |
| Rangos de salida | | 29 000 VA @ 138 V / 240 V 29 000 VA @ 127 V / 220 V 27 500 VA @ 120 V / 208 V | | | |
| Máxima potencia | | 30 100 VA | | | |
| Voltaje de línea neutro | | 138 V / 240 V (3 / N / PE; 3 / PEN) 127 V / 220 V (3 / N / PE; 3 / PEN) 120 V / 208 V (3 / N / PE; 3 / PEN) | | | |
| Voltaje de línea línea (Ph-Ph) | | 166 - 346 V | | | |
| Rango de frecuencia | | 50 Hz / 60 Hz (42 - 68 Hz) | | | |
| Rango de corriente | | 3 x 69.8 A @ 240 V 3 x 76.1 A @ 220 V 3 x 76.5 A @ 208 V | | | |
| Máxima corriente | | 3 x 76.5 A | | | |
| Potencia reactiva / cos phi | | 0 - 100 % S_{nom} / 0,30 ind. - 0,30 cap. | | | |
| Distorsión de armónicos totales máximos (THD) | | 1.6 % | | | |
| Número de fases | | 3 | | | |
| Datos Generales | | | | | |
| Máxima eficiencia | | 97.3 % | | | |
| Eficiencia EU | | 96.9 % | | | |
| Eficiencia CEC | | 97.0 % | | | |
| Consumos en vacío | | 2.5 W | | | |
| Topología | | Sin Transformadores | | | |
| Datos Mecánicos | | | | | |
| Pantalla | | pantalla gráfica con LEDs | | | |
| Unidad de control | | 4- direcciones de navegación + 2 botones | | | |
| Interfaces de comunicación | | Ethernet, USB, RS485, opcional: 4-DI | | | |
| Relee de señal de falla | | Libre de potencial NOC max. 30 V / 1 A | | | |
| Conexiones en DC | | S / B / M: max.120 mm ² cable plug, Cu / Al XL: DC plugs (SUNCLIX) | | | |
| Conexiones en AC | | max. 95 mm ² , Cu / Al | | | |
| Temperatura Ambiente | | -20 °C - +60 °C ¹⁾ | | | |
| Humedad | | 0 - 100% | | | |
| Altura máxima de instalación (M.S.N.M.) | | 3 000 m | | | |
| Distancia mínima a la costa | | 2 000 m / 500 m (OD+ versión) | | | |
| Sistema de enfriamiento | | temperatura controlada/ ventiladores | | | |
| Clase de protección | | IP65 | | | |
| Emisión de ruido | | < 61 db(A) | | | |
| Alto x ancho x profundo | | 760 x 500 x 425 mm | | | |
| Peso | | 70 kg (S), 71 kg (B / M), 73 kg (XL) | | | |
| Certificaciones | | | | | |
| Seguridad | | IEC62109-1/2, EN61000-6-1/-2/3, EN61000-3-11/12 | | | |
| Reglas de conexión a la red | | Buscar en la página web en la zona de descarga | | | |
| Versiones | | | | | |
| Número de entradas DC | | S | B | M | XL |
| Seccionador DC | | - | ✓ | ✓ | ✓ |
| Fusible de protección (+) | | - | - | - | ✓ |
| Descargador de sobre tensión DC | | - | - | ○ | Tipo 1 + 2 |
| Descargador de sobre tensión AC | | - | - | ○ | ○ |
| OD+ | | * | * | * | * |

standard = ✓ upgradeable = ○ optional = *

The text and figures reflect the current technical state at the time of printing. Subject to technical changes. Errors and omissions excepted. This current version replaces all older versions. Download the most current version at: www.kaco-newenergy.com

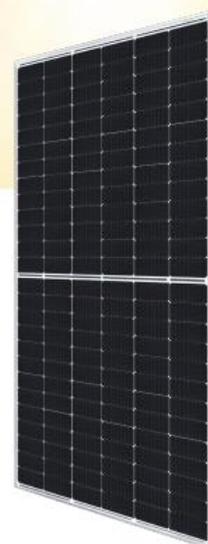
Anexo N°7 Ficha técnica de Panel Solar



HiKu5 Mono PERC

475 W ~ 500 W

CS3Y-475 | 480 | 485 | 490 | 495 | 500MS



MORE POWER

- Module power up to 500 W
Module efficiency up to 21.2 %
- Up to 4.0 % lower LCOE
Up to 4.2 % lower system cost
- Comprehensive LID / LeTID mitigation technology, up to 50% lower degradation
- Compatible with mainstream trackers, cost effective product for utility power plant
- Better shading tolerance

MORE RELIABLE

- Minimizes micro-crack impacts
- Heavy snow load up to 5400 Pa, enhanced wind load up to 2400 Pa*

12 Years Enhanced Product Warranty on Materials and Workmanship*

25 Years Linear Power Performance Warranty*

1st year power degradation no more than 2%
Subsequent annual power degradation no more than 0.55%

*According to the applicable Canadian Solar Limited Warranty Statement.

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

ISO 9001: 2015 / Quality management system
ISO 14001: 2015 / Standards for environmental management system
ISO 45001: 2018 / International standards for occupational health & safety

PRODUCT CERTIFICATES*

IEC 61215 / IEC 61730 / CE / MCS / INMETRO
CEC listed (US California) / FSEC (US Florida)
UL 61730 / IEC 61701 / IEC 62716 / IEC 60068-2-68
UNI 9177 Reaction to Fire: Class 1 / Take-e-way



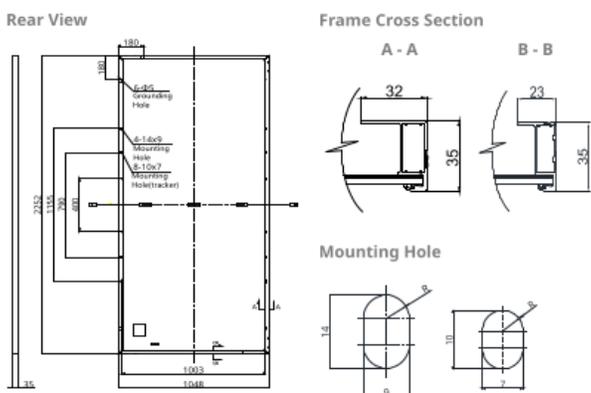
* The specific certificates applicable to different module types and markets will vary, and therefore not all of the certifications listed herein will simultaneously apply to the products you order or use. Please contact your local Canadian Solar sales representative to confirm the specific certificates available for your Product and applicable in the regions in which the products will be used.

CSI Solar Co., Ltd. is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. Canadian Solar was recognized as the No. 1 module supplier for quality and performance/price ratio in the IHS Module Customer Insight Survey, and is a leading PV project developer and manufacturer of solar modules, with over 50 GW deployed around the world since 2001.

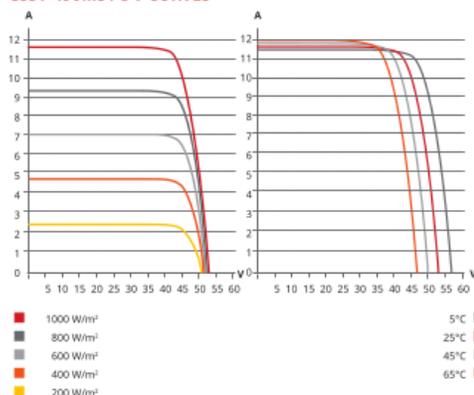
* For detailed information, please refer to the Installation Manual.

CSI Solar Co., Ltd.
199 Lushan Road, SND, Suzhou, Jiangsu, China, 215129, www.csisolar.com, support@csisolar.com

ENGINEERING DRAWING (mm)



CS3Y-490MS / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

| CS3Y | 475MS | 480MS | 485MS | 490MS | 495MS | 500MS |
|------------------------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|
| Nominal Max. Power (Pmax) | 475 W | 480 W | 485 W | 490 W | 495 W | 500 W |
| Opt. Operating Voltage (Vmp) | 44.0 V | 44.2 V | 44.4 V | 44.6 V | 44.8 V | 45.0 V |
| Opt. Operating Current (Imp) | 10.81 A | 10.87 A | 10.94 A | 11.00 A | 11.06 A | 11.12 A |
| Open Circuit Voltage (Voc) | 52.7 V | 52.9 V | 53.1 V | 53.3 V | 53.5 V | 53.7 V |
| Short Circuit Current (Isc) | 11.52 A | 11.57 A | 11.62 A | 11.67 A | 11.72 A | 11.77 A |
| Module Efficiency | 20.1% | 20.3% | 20.6% | 20.8% | 21.0% | 21.2% |
| Operating Temperature | -40°C ~ +85°C | | | | | |
| Max. System Voltage | 1500V (IEC/UL) or 1000V (IEC/UL) | | | | | |
| Module Fire Performance | TYPE 1 (UL 61730 1500V) or TYPE 2 (UL 61730 1000V) or CLASS C (IEC 61730) | | | | | |
| Max. Series Fuse Rating | 20 A | | | | | |
| Application Classification | Class A | | | | | |
| Power Tolerance | 0 ~ + 10 W | | | | | |

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

MECHANICAL DATA

| Specification | Data |
|------------------------------------|---|
| Cell Type | Mono-crystalline |
| Cell Arrangement | 156 [2 X (13 X 6)] |
| Dimensions | 2252 X 1048 X 35 mm (88.7 X 41.3 X 1.38 in) |
| Weight | 25.7 kg (56.7 lbs) |
| Front Cover | 3.2 mm tempered glass |
| Frame | Anodized aluminium alloy |
| J-Box | IP68, 3 bypass diodes |
| Cable | 4 mm² (IEC), 12 AWG (UL) |
| Cable Length (Including Connector) | 410 mm (16.1 in) (+) / 290 mm (11.4 in) (-) or customized length* |
| Connector | T4 series or H4 UTX or MC4-EVO2 |
| Per Pallet | 30 pieces |
| Per Container (40' HQ) | 600 pieces |

* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

ELECTRICAL DATA | NMOT*

| CS3Y | 475MS | 480MS | 485MS | 490MS | 495MS | 500MS |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Nominal Max. Power (Pmax) | 355 W | 359 W | 362 W | 366 W | 370 W | 374 W |
| Opt. Operating Voltage (Vmp) | 41.1 V | 41.3 V | 41.5 V | 41.7 V | 41.8 V | 42.0 V |
| Opt. Operating Current (Imp) | 8.64 A | 8.70 A | 8.74 A | 8.78 A | 8.86 A | 8.91 A |
| Open Circuit Voltage (Voc) | 49.7 V | 49.9 V | 50.1 V | 50.2 V | 50.4 V | 50.6 V |
| Short Circuit Current (Isc) | 9.29 A | 9.33 A | 9.38 A | 9.42 A | 9.46 A | 9.50 A |

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m² spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

| Specification | Data |
|--------------------------------------|--------------|
| Temperature Coefficient (Pmax) | -0.34 % / °C |
| Temperature Coefficient (Voc) | -0.26 % / °C |
| Temperature Coefficient (Isc) | 0.05 % / °C |
| Nominal Module Operating Temperature | 42 ± 3°C |

PARTNER SECTION



* The specifications and key features contained in this datasheet may deviate slightly from our actual products due to the on-going innovation and product enhancement. CSI Solar Co., Ltd. reserves the right to make necessary adjustment to the information described herein at any time without further notice. Please be kindly advised that PV modules should be handled and installed by qualified people who have professional skills and please carefully read the safety and installation instructions before using our PV modules.

CSI Solar Co., Ltd.
199 Lushan Road, SND, Suzhou, Jiangsu, China, 215129, www.csisolar.com, support@csisolar.com

March 2021. All rights reserved, PV Module Product Datasheet V2.7_EN