



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**ESTUDIO DE CALIDAD DE ENERGÍA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL EDIFICIO
MONJA BLANCA DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA UBICADO EN LA
ZONA 13**

Alvaro José Martínez Orellana

Asesorado por el Ing. Gabriel Armando Velásquez

Guatemala, julio de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE CALIDAD DE ENERGÍA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL EDIFICIO
MONJA BLANCA DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA UBICADO EN LA
ZONA 13**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ALVARO JOSÉ MARTÍNEZ ORELLANA
ASESORADO POR EL ING. GABRIEL ARMANDO VELASQUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

GUATEMALA, JULIO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO a.i.	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
EXAMINADOR	Ing. Natanael Jonathan Requena Gomez
EXAMINADOR	Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**ESTUDIO DE CALIDAD DE ENERGÍA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL EDIFICIO
MONJA BLANCA DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA UBICADO EN LA
ZONA 13**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 03 de mayo de 2018.



Alvaro José Martínez Orellana

Guatemala 24 de enero de 2023

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
Director Escuela
Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Rivera Carrillo

Por este medio atentamente le informo que el estudiante universitario **Alvaro José Martínez Orellana** de la carrera de ingeniería Mecánica Eléctrica, Registro académico No. **2011-14244** y CUI 2295 84295 0101 ha sido aceptado para la practica de ejercicio profesional supervisados (E.P.S) en un periodo de 6 meses.

También hago de su conocimiento que he revisado el índice propuesto para el trabajo de graduación **ESTUDIO DE CALIDAD DE ENERGIA Y EFICIENCIA ENERGETICA EN EL EDIFICIO MONJA BLANCA DE MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA UBICADO EN LA ZONA 13.**

En tal virtud LO DOY POR APROBADO, solicitando darle el trámite respectivo

Sin otro particular, me es grato suscribirme

Atentamente




Ing. Gabriel Velasquez

Director Técnico de Planificación Energética
Ministerio de Energía y Minas



Guatemala, 24 de febrero de 2023.
REF.EPS.DOC.105.02.2023.

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

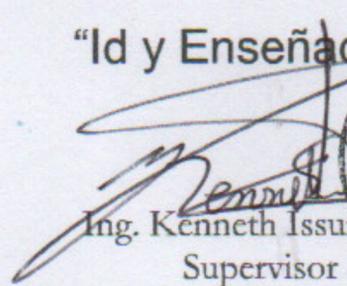
Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Alvaro José Martínez Orellana** de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Registro Académico No. **201114244** y **CUI 2275 84295 0101**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"ESTUDIO DE CALIDAD DE ENERGÍA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL EDIFICIO MONJA BLANCA DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA UBICADO EN LA ZONA 13"**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a todos"


Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Eléctrica

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

c.c. Archivo
KIER/ra

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala 01 de marzo de 2023.
REF.EPS.D.69.02.2023.

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Rivera Carrillo.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"ESTUDIO DE CALIDAD DE ENERGÍA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL EDIFICIO MONJA BLANCA DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA UBICADO EN LA ZONA 13"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Alvaro José Martínez Orellana**, quien fue debidamente asesorado por el Ing. Gabriel Armando Velásquez y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor y Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS



/ra

REF. EIME 23.2023.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Director de EPS, del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de área, al Informe final de EPS del estudiante Alvaro José Martínez Orellana: "ESTUDIO DE CALIDAD DE ENERGÍA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL EDIFICIO MONJA BLANCA DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA UBICADO EN LA ZONA 13 ", procede a la autorización del mismo.



Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo

Guatemala, 30 de marzo de 2023.

LNG.DECANATO.OI.545.2023

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **ESTUDIO DE CALIDAD DE ENERGÍA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL EDIFICIO MONJA BLANCA DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA UBICADO EN LA ZONA 13**, presentado por: **Alvaro José Martínez Orellana**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. José Francisco Gómez Rivera

Decano a.i.

Guatemala, julio de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por guiar y bendecir mi vida dándome constancia y sabiduría en todo momento.
- Mis padres** Milvia Orellana y Luis Martínez, por apoyarme en todo momento para alcanzar mis metas, dándome su apoyo incondicional, amor, comprensión y valores para ser el hombre que hoy soy.
- Mis hermanas** Elena Cabrera y Yesica Cabrera, por su compañía y apoyo en todo momento de mi vida.
- Mis hijos** Diego y Cristhel Martínez, por la inspiración que me motiva a seguir adelante, y por alegrar mis días.
- Mis abuelos** Olga Reyes, Adrián Orellana y Ana Dolores, por sus enseñanzas, consejos y amor, un abrazo al cielo.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la Universidad en la cual pude formarme como profesional.
Facultad de Ingeniería	Por darme la oportunidad de conocer buenos compañeros y profesionales que aportaron su granito de arena en mi formación.
Mis amigos	De vida, de la universidad, por estar conmigo en los momentos difíciles y por su apoyo y ayuda en el transcurso de estos años.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	I
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XIII
GLOSARIO.....	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA – MAGA.....	1
1.1. Funciones del Ministerio de Agricultura y Ganadería.....	1
1.2. Misión.....	2
1.3. Visión.....	2
1.4. Estructura Organizacional.....	2
1.4.1. Organigrama del Ministerio de Agricultura y Ganadería.....	3
2. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.....	5
2.1. Ubicación y área del edificio.....	5
2.2. Horario de trabajo.....	12
2.3. Condiciones generales del edificio.....	12
3. ANÁLISIS HISTÓRICOS DE CONSUMO.....	13
3.1. Consumo de agua potable.....	15

4.	INVENTARIO DE EQUIPOS	17
4.1.	Iluminación	20
4.1.1.	Análisis de los resultados de la iluminación	24
5.	HÁBITOS DE CONSUMO.....	29
6.	ANÁLISIS DE CONSUMOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	33
6.1.	Análisis de corrientes	37
6.2.	Análisis de factor de potencia	40
6.3.	Análisis de factor de potencia	40
7.	ADECUACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS	61
7.1.	Parámetros eléctricos y selección de módulos	63
8.	MEDIDAS DE EFICIENCIA Y AHORRO ENERGÉTICO	69
8.1.	Climatización y aire acondicionado	69
8.2.	Iluminación	72
8.3.	Equipos eléctricos	74
9.	PROYECCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	77
9.1.	Análisis económico proyectado.....	79
10.	ANÁLISIS ECONÓMICO DE AHORROS ENERGÉTICOS	81
10.1.	Instalación de paneles solares	81
10.2.	Simulación de consumos eléctricos con tecnología LED	82
10.3.	Buenas prácticas y hábitos de consumo	89
11.	EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	93

12.	CÁLCULO Y SELECCIÓN DE EQUIPO DE CLIMATIZACIÓN	97
12.1.	Generalidades	97
12.2.	Aplicaciones de un aire acondicionado.....	98
12.3.	Componentes de un sistema de aire acondicionado	99
12.4.	Condiciones para el diseño	104
12.5.	Condiciones interiores y exteriores.....	104
12.6.	Cantidad de personas	105
12.7.	Tipo de iluminación.....	105
12.8.	Ubicación geográfica	106
13.	CARGAS TÉRMICAS.....	107
13.1.	Definición.....	107
13.2.	Tipos de cargas térmicas sensibles.....	108
13.2.1.	Radiación solar	108
13.2.2.	Transmisión	109
13.2.3.	Carga sensible.....	111
13.3.	Carga térmica latente	113
13.3.1.	Definición	113
13.3.2.	Tipos de cargas térmicas latentes	114
14.	SELECCIÓN DE EQUIPOS	115
14.1.	Características.....	115
14.2.	Selección de equipo	116
14.3.	Cotización de equipos	131
14.4.	Consumo de equipos instalados.....	132
15.	COORDINACIÓN DE PROTECCIONES EN BAJA TENSIÓN.....	135
15.1.	Normas y reglamentos.....	135
15.2.	Tipos de cargas en instalaciones de baja tensión	137

15.3.	Normas usadas	138
15.4.	Motores	139
15.5.	Cargas resistivas.....	139
15.6.	Potencia instalada	140
15.7.	Selección de transformador	142
16.	CONEXIONES DE LA RED DE BAJA TENSION	145
16.1.	Tipos de conexiones a la red	145
16.1.1.	Normas Usadas.....	145
16.1.2.	Esquema de conexiones	146
16.1.3.	Tipos de conexiones	150
16.2.	Normas aplicables.....	150
17.	CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO	155
17.1.	Cálculo de corriente de C.C	155
17.1.1.	Efectos del C.C.	155
17.2.	Uso del método de impedancias	156
17.2.1.	Cálculo	156
17.2.2.	Determinación de impedancias	156
17.3.	Uso del método de componentes simétricas.....	164
17.3.1.	Calculo según la norma IEC60909 y norma IEEE .	164
18.	DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN AUTOMÁTICOS EN BAJA TENSION	167
18.1.	Curvas de disparo	168
18.1.1.	Magnética.....	170
18.1.2.	Térmica	171
18.1.3.	Selectividad	171
18.1.4.	Filiación	173

18.2.	Sobretensiones transitorias	173
19.	CÁLCULO Y SELECCIÓN DE PARARRAYOS.....	175
19.1.	Norma UNE 21186/NFC- 17102.....	175
19.2.	Pararrayos Franklin	176
19.3.	Jaula de Faraday.....	176
	CONCLUSIONES	177
	RECOMENDACIONES.....	179
	REFERENCIAS	181
	APÉNDICES	183

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama del edificio Monja Blanca.....	4
2.	Ubicación del edificio Monja Blanca	5
3.	Plano de localización edificio Monja Blanca.....	6
4.	Planta arquitectonica primer nivel	7
5.	Planta arquitectonica segundo nivel.....	8
6.	Planta arquitectonica tercer nivel	9
7.	Planta arquitectónica cuarto nivel	10
8.	Diagrama unifilar edificio Monja Blanca	11
9.	Proyección de crecimiento energético para el año 2018.....	14
10.	Proyección de consumo de agua potable	16
11.	Distribución de consumos de energía eléctrica.....	19
12.	Distribución de consumos resumidos.....	20
13.	Valores promedio de iluminación por área de trabajo del edificio Monja Blanca	27
14.	Encuesta realizada a empleados del edificio Monja Blanca.....	30
15.	Resultados obtenidos de las encuestas.....	31
16.	Interruptor principal MAGA.....	49
17.	Entrada de interruptor principal MAGA.....	50
18.	Tablero principal MAGA	51
19.	Tablero principal primer nivel	52
20.	Tablero principal primer nivel 2	53
21.	Tablero principal segundo nivel.....	54
22.	Tablero secundario segundo nivel	55

23.	Tablero principal tercer nivel.....	56
24.	Tablero principal segundo nivel	57
25.	Radiación solar diaria	62
26.	Grafica comparativa entre consumos y generación de energía eléctrica	67
27.	Comparación de proyecciones de costo económico de consumo de energía eléctrica en las oficinas del edificio Monja Blanca	79
28.	Comparación de proyecciones por costo económico de energía eléctrica del edificio Monja Blanca hasta 2032	80
29.	Proyección de consumo de energía eléctrica en Kwh basados en registros históricos, registros medidos y cambio de iluminación led	87
30.	Comparación de proyectos por costo económico en quetzales del consumo de energía eléctrica con cambio de iluminación.....	88
31.	Proyeccion consumo de energía eléctrica en Kwh en registros hisotóricos, registros medidos y con cambio de luminaria hasta el año 2032.....	88
32.	FComparación de proyectos por costo económico en quetzales del consumo de energía eléctrica con cambio de iluminación hasta el año 2032.....	89
33.	Comparacion de proyecciones entre consumo de energia eléctrica actual (rojo) y consumo esperado (celeste), aplicando los cambios en iluminación (anaranjado), implementando paneles solares (azul) y realizando las buenas prácticas (morado)	90
34.	Comparación de proyecciones entre costo de energía eléctrica actual (rojo) y consumo esperado (celeste), aplicando los cambios en iluminación (anaranjado), implementando paneles solares (azul) y realizando buenas prácticas (morado)	91
35.	Comparación de proyecciones entre consumo de energía eléctrica hasta el año 2032	92

36.	Comparación de proyecciones entre costo de energía eléctrica hasta el año 2032	92
37.	Comparación entre emisiones de gases de efecto invernadero, condiciones actuales (rojo) y proyección con aplicación de medidas de ahorro energético (verde).....	94
38.	Proyección de emisión de gases de efecto invernadero hasta el año 2032	95
39.	Sistema <i>inverter</i> de aire acondicionado	103
40.	Modelo sistema VRV con primer equipo exterior	129
41.	Modelo sistema VRV con segundo equipo exterior.....	130
42.	Modelo sistema VRV con tercer equipo exterior	130
43.	Modelo sistema VRV con cuarto equipo exterior	131
44.	Gráfica consumo de energía eléctrica del sistema inverter a un año de su instalación	132
45.	Efecto Inductivo y Capacitivo	140
46.	Esquema tipo TN-S.....	147
47.	Esquema Tipo TN-C.....	148
48.	Esquema Tipo TN-C-S	148
49.	Esquema Tipo TT.....	149
50.	Esquema Tipo IT	149
51.	Circuito Equivalente para una red de distribución	159
52.	Circuito equivalente para transformadores.....	160
53.	Circuito Equivalente para conductores.....	161
54.	Circuito equivalente para generadores y motores síncronos	162
55.	Circuito Equivalente para motores asíncronos.....	163
56.	Curva de disparo de un interruptor automático termomagnético.....	168
57.	FCurva de disparo de un interruptor automático electrónico	169
58.	Curvas de relés magnéticos.....	170
59.	Selectividad en BT	172

TABLAS

I.	Datos de energía eléctrica principal.....	13
II.	Consumo energético del edificio Monja Blanca	14
III.	Consumo de agua potable edificio Monja Blanca	15
IV.	Inventario de equipos del edificio Monja Blanca	18
V.	Datos de luminarias y lámparas del edificio Monja Blanca	21
VI.	Características de las luminarias y lámparas del edificio Monja Blanca.....	23
VII.	Niveles mínimos de iluminación.....	26
VIII.	Resumen medición de voltaje de línea 1 a neutro	33
IX.	Resumen medición de voltaje de línea 2 a neutro	34
X.	Resumen medición de voltaje de línea 3 a neutro	35
XI.	Resumen medición de voltaje entre neutro y tierra.....	35
XII.	Resumen medición de voltaje entre línea 1 y línea 2.....	36
XIII.	Resumen medición de voltaje entre línea 2 y línea 3.....	36
XIV.	Resumen medición de voltaje entre línea 3 y línea 1.....	37
XV.	Resumen medición de corriente en la línea 1	38
XVI.	Resumen medición de corriente en la línea 2	38
XVII.	Resumen medición de corriente en la línea 2.....	39
XVIII.	Resumen medición potencia activa	40
XIX.	Resumen medición factor de potencia.....	41
XX.	Resumen medición THD de voltaje de línea 1 a neutro.....	42
XXI.	Resumen medición THD de voltaje de línea 2 a neutro.....	43
XXII.	Resumen medición de voltaje de línea 3 a neutro	43
XXIII.	Resumen medición de línea neutro a tierra	44
XXIV.	Resumen Medición THD de corriente de línea 1	45
XXV.	Resumen medición THD corriente de línea 2	46
XXVI.	Resumen medición de corriente de línea 3.....	46

XXVII.	Resumen medición de línea neutro.....	47
XXVIII.	Rendimiento parcial y total de los paneles solares	61
XXIX.	Demanda de energía real diaria en edificio monja blanca.....	62
XXX.	Características técnicas de paneles marca LUXOR	64
XXXI.	Características técnicas de regulador de tensión marca STECA.....	65
XXXII.	Características técnicas de inversor – cargador marca VICTRON	66
XXXIII.	Resumen de elementos para el sistema solar fotovoltaico del MAGA.....	66
XXXIV.	Proyección de consumo de energía eléctrica durante un día laboral	77
XXXV.	Proyección de consumo de energía eléctrica durante un día de descanso o asueto	77
XXXVI.	Proyección de consumo de energía eléctrica de marzo a diciembre del año 2018	78
XXXVII.	Tipo de luminaria equivalentes.....	83
XXXVIII.	Comparativa potencia de iluminación instalada y con cambio de iluminación	83
XXXIX.	Cotización de lámparas para instalación en el edificio Monja Blanca	84
XL.	Tabla comparativo entre el consumo de energía requerido en un mes en el edificio Monja Blanca.....	85
XLI.	Tabla comparativa entre el costo mensual del consumo de energía eléctrica actual y con el cambio de iluminación propuesta para el edificio Monja Blanca	86
XLII.	Tabla para cálculo de temperatura exterior.....	110
XLIII.	Carga térmica en administrador financiero.....	117
XLIV.	Carga térmica en administrador financiero.....	117
XLV.	Carga térmica en contabilidad.....	118
XLVI.	Carga térmica en Jefatura.....	118

XLVII.	Carga térmica en asistente del ministro	119
XLVIII.	Carga térmica en oficina asesores del viceministro	120
XLIX.	Carga térmica en secretaria y contador	120
L.	Carga térmica en FONAGRO	121
LI.	Carga térmica en recursos humanos	121
LII.	Carga térmica en informática	122
LIII.	Carga térmica en asesoría jurídica	122
LIV.	Carga térmica en central de computación	123
LV.	Carga térmica en jefatura de recursos	123
LVI.	Carga térmica en recursos contrato	124
LVII.	Carga térmica en asesoría jurídica del cuarto nivel	125
LVIII.	Carga térmica en oficina de profesionales	125
LIX.	Tabla información general para el cálculo de sistema VRV en edificio Monja Blanca	127
LX.	Selección de equipos exteriores para sistema VRV	128
LXI.	Selección de equipos interiores para sistema VRV	129
LXII.	Tabla consumo de energía eléctrica del sistema VRV a un año de su instalación	132
LXIII.	Tabla de carga térmica y consumo esperado a un año de la instalación del sistema VRV	133
LXIV.	Primer Dígito Protección IP	136
LXV.	Segundo dígito protección IP	137
LXVI.	Factor de tensión C para cálculo de cortocircuito	165
LXVII.	Formulas cálculos de cortocircuito	166

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
I	Amperios
A	Kilowatts
Kw	Kilowatts hora
%	Porcentaje
V	Voltios

GLOSARIO

Aire acondicionado	Sistema que permite variar la temperatura del lugar en donde esté instalado.
<i>Breaker</i>	Aparato que permite desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica.
Calibre	Espesor de un cable o alambre.
Cero absoluto	Se refiere a la temperatura más baja que puede existir.
Climatización	Crear condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire adecuadas para la comodidad y calidad de aire interior.
Corriente	Es el flujo de carga eléctrica que recorre un material.
Difusor	Cristal que posee una superficie irregular para difundir la luz.
Dióxido de carbono	Gas inodoro e incoloro que se desprende de la respiración, en las combustiones y en algunas fermentaciones.

Eficiencia	Vínculo entre la energía que se invierte y la energía que se aprovecha.
Electricidad	Conjunto de fenómenos producidos por el movimiento e interacción entre las cargas eléctricas positivas y negativas.
Empalme	Unión de 2 o más cables dentro de una instalación eléctrica o en un aparato electrónico.
Espectro electromagnético	Se denomina espectro electromagnético a la distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas.
Factor de Potencia	Mide la eficiencia del consumo eléctrico al momento de convertirse en potencia útil como: luz, calor o movimiento mecánico.
Gases efecto invernadero	Gas atmosférico que absorbe y emite radiación dentro del rango infrarrojo.
HVAC	<i>(Heating, Ventilation and Air Conditioning)</i> , Calefacción, Ventilación y aire acondicionado.
Ley General de Energía	Norma el desarrollo del conjunto de actividades de generación, transporte, distribución y comercialización de electricidad.
Luminaria	Es el aparato que sirve de soporte a las lámparas.

Lux	Unidad usara para medir el nivel de iluminación.
Mantenimiento Predictivo	Serie de acciones que se toman y técnicas que se aplican con el objetivo de determinar fallas o defectos.
Mini-Split	Su término se traduce a mini-divido y se refiere a un equipo dividido en 2 partes: la unidad interior y exterior.
Ohmio	Unidad de resistencia eléctrica en el sistema internacional de unidades.
Paneles Solares	Dispositivod que captan la energía de la radiación solar para su aprovechamiento.
Potencia	Es la proporción por unidad de tiempo en el cual la energía eléctrica es transferida a un circuito eléctrico.
Radiación	Emisión de radiaciones luminosas, térmicas, magnéticas o de otro tipo.
Radiación infrarroja	Es uno de los diferentes tipos de luz que forman el espectro electromagnético.
Resistencia	Oposición que presenta un conductor al paso de la corriente.
Sensores	Aparatos que tienen una propiedad sensible a una magnitud del medio.

Sistema <i>inverter</i>	Un <i>inverter</i> sirve para regular el voltaje, la corriente y la frecuencia de un aparato.
Tablero eléctrico	Lugar en el cual van instalados los dispositivos de protección de maniobra de los alimentadores.
Temperatura	Magnitud que se refleja la cantidad de calor de un objeto o ambiente.
Termografía	Técnica que permite determinar temperaturas a distancia y sin necesidad de contacto físico con el objeto de estudio.
Termostato	Aparato o dispositivo que, conectado a una fuente de calor, sirve para regular la temperatura de manera automática, impidiendo que suba o baje del grado adecuado.
Voltaje	Magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre 2 puntos.

RESUMEN

El siguiente proyecto es el informe final del ejercicio profesional supervisado (EPS), que trata acerca de un estudio de calidad realizado en el edificio Monja Blanca del Ministerio de Ganadería y Alimentación ubicado en la zona 13 de la ciudad de Guatemala.

En el cual se realizaron varias mediciones en el edificio, tales como: mediciones de valores eléctricos, corriente, voltaje, potencia, etc., por medio de un analizador de redes, mediciones de iluminación por medio de luxómetro, como captar imágenes con cámara termográfica; para identificar el estado de la instalación eléctrica, así como el causante de armónicos, desbalances, puntos calientes, calidad de iluminación. Con estos datos también se logró dejar plasmadas las propuestas de mejora para disminuir el consumo de electricidad y también un análisis financiero de costos de inversión y retorno a implementar.

Todo este proceso tiene como objetivo minimizar los costos del edificio en término de energía eléctrica, y por medio de esto reducir la emisión de gases de efecto invernadero generados en el país.

OBJETIVOS

General

Realizar una auditoría energética que contenga un estudio técnico y económico para lograr una mejora en la Eficiencia Energetica y Calidad de la Potencia Eléctrica, en el edificio Monja Blanca del Ministerio de Agricultura y Ganaderia (MAGA).

Específicos

1. Analizar y evaluar la situación actual de las instalaciones eléctricas del Ministerio de Agricultura y Ganadería.
2. Analizar la calidad de la energía eléctrica mediante equipo especializado de medición de parámetros eléctricos.
3. Proponer planes de ahorro energético que puedan llevarse a cabo para la disminución de consumo de recursos del edificio.
4. Reducir el consumo de emisión de gases de efecto invernadero (GEI), ya que la disminución de consumo eléctrica tiene un impacto en la compra de electricidad a plantas de generación eléctrica con bunker.
5. Cumplir con el objetivo 4 de la política energética 2013-2027.

6. Cumplir con el convenio USAC-MEM de realización de auditorías energéticas en conjunto con estudiantes de la Facultad de Ingeniería.

INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo es el anteproyecto del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), correspondiente a un estudio de calidad y eficiencia energética para determinar el consumo de recursos energéticos, y de las instalaciones eléctricas del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGA).

El proyecto nace de la necesidad del cumplimiento de la política energética 2013-2027, el cual indica qué acciones tomar para el desarrollo de estudios técnicos que evalúen los impactos económicos del consumo de energía en edificios de la institución gubernamental.

El proyecto consiste en realizar una auditoria energética, la cual se basa en el análisis de consumo de recursos en el edificio; se evaluará el consumo energético del edificio, ya sean equipos eléctricos, aires acondicionados e iluminación, para ellos se tendrá el uso de un analizador de redes, el cual se conectará a la red del edificio y nos dará información para realizar análisis de parámetros eléctricos como: voltaje, corriente, factor de potencia y armónicos; se usara un luxómetro para medir niveles de iluminación y poder determinar si la iluminación es la adecuada, dependiendo de la función de lugar, también se harán tomas con una cámara termográfica para determinar puntos de retorno o puntos calientes en los tableros o instalaciones, así mismo brindar una solución al problema que pueda presentarse al realizar todas estas mediciones; se hará una selección de módulo de paneles solares para amortizar el consumo del edificio.

Los beneficios que tendrá la institución serán económicos, ya que con el análisis realizado se determinarán los excesos o mal uso de la energía eléctrica, y esto tendrá un impacto en la factura que se paga por los servicios de electricidad; y concientizar a los trabajadores a ser parte del ahorro, para que pueda ser destinado a otras áreas de la institución; además, se tendrá un beneficio en el ámbito del desarrollo sostenible, ya que se usará menos energía, generada por *bunker* en las plantas de vapor, que se refleja en la disminución de la emisión de GEI (gases de efecto invernadero).

1. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA MAGA

El Ministerio de Agricultura y Ganadería es la dependencia del gobierno que fue establecida en el Decreto Gubernativo número 14, del 24 de agosto de 1871, como un ministerio o entidad la cual tendría a su cargo las responsabilidades de mejoramiento y cuidado de actividades de artes, industrias, obras públicas, agricultura, ganadería, líneas telegráficas, puertos, puentes y también se le adjudicaron los medios de comunicación, suprimiendo al Consulado de Comercio en sus funciones.

1.1. Funciones del Ministerio de Agricultura y Ganadería

Según el MAGA (2016) se determinó en la Ley del Organismo Judicial (Decreto 114-97), las funciones del Ministerio de Agricultura y Ganadería son:

- Formulación y realización de la política de desarrollo agropecuario, hidrobiológico y del uso adecuado de los recursos naturales renovables del país.
- Velar por la instauración y aplicación efectiva de normas jurídicas la cuales definan con claridad los derechos y responsabilidad de la posesión, uso y utilización de bienes que sean del estado.
- Formulación de la política para los servicios públicos agrícolas, pecuarios, hidrobiológicos, forestales.
- Definir el ordenamiento territorial de tierras nacionales y reservas de la nación, mediante políticas.

- Tener un vínculo con el ministerio de Economía, para determinar las políticas de comercio exterior de productos agropecuarios, entre otros. (p. 14-15)

1.2. Misión

Somos una Institución del Estado, que fomenta el desarrollo rural integral a través de la transformación y modernización del sector agropecuario, forestal e hidrobiológico, desarrollando capacidades productivas, organizativas y comerciales para lograr la seguridad y soberanía alimentaria y competitividad con normas y regulaciones claras para el manejo de productos en el mercado nacional e internacional, garantizando la sostenibilidad de los recursos naturales. (MAGA, 2019, párr. 1)

1.3. Visión

Ser una institución pública eficiente, eficaz y transparente que promueve el desarrollo sustentable y sostenible del sector, para que los productores agropecuarios, forestales e hidrobiológicos, obtengan un desarrollo rural integral a través del uso equitativo de los medios de producción y uso sostenible de los recursos naturales renovables, mejorando su calidad de vida, seguridad y soberanía alimentaria, y competitividad. (MAGA, 2019, párr. 2)

1.4. Estructura Organizacional

El Ministerio de Agricultura y Ganadería al tener varias funciones a su cargo posee varios departamentos o instituciones y bajo ellos viceministros para la ejecución de alguna tarea en específico, como

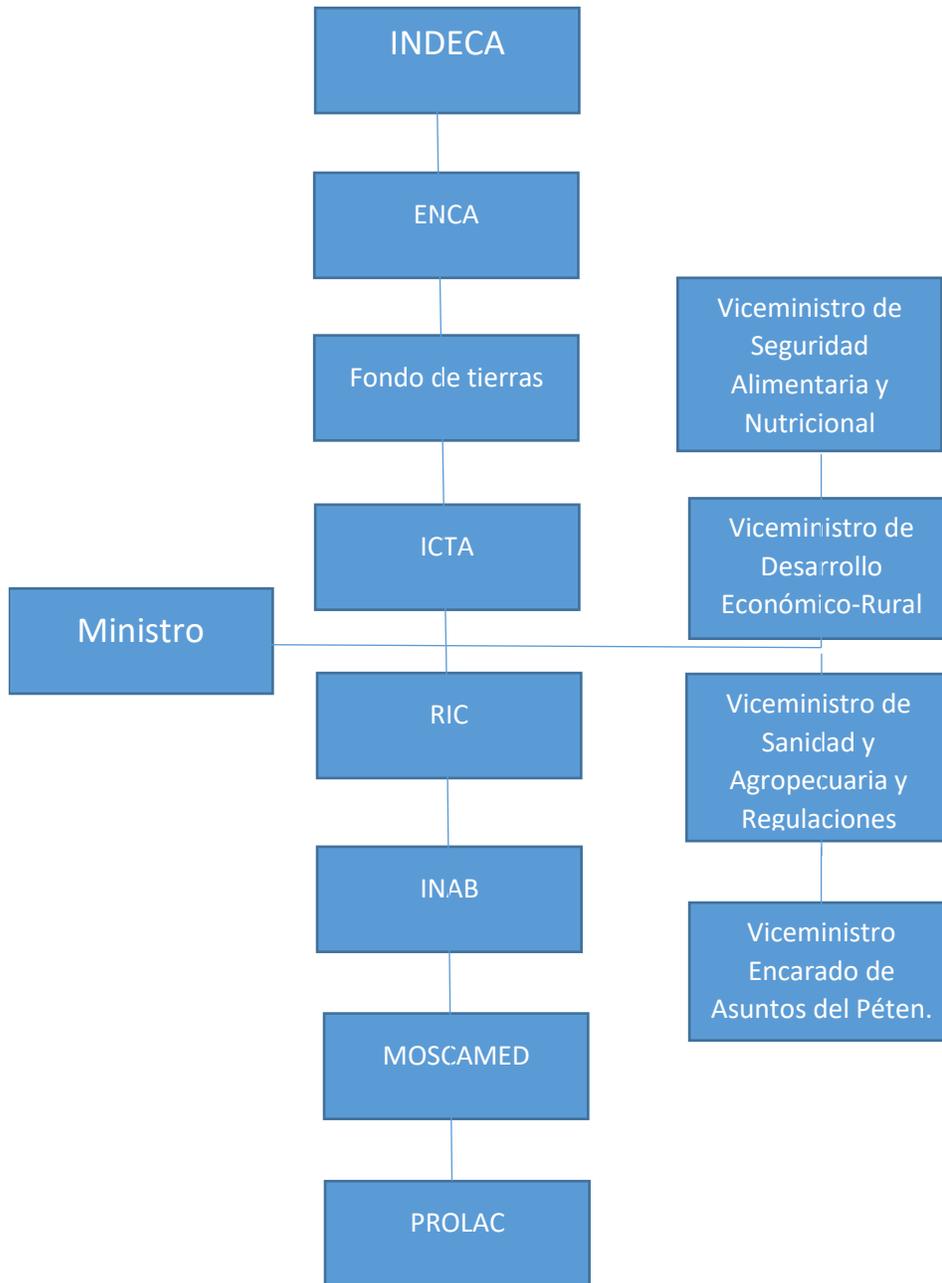
entidad administrativa cuenta con los siguientes departamentos, institutos para su funcionamiento actual.

- Ministro
- Instituto Nacional de Comercialización Agrícola INDECA
- Escuela Nacional Central de Agricultura ENCA
- Fondo de Tierras
- Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícola ICTA
- Registro de Información Catastral RIC
- Instituto Nacional de Bosques INAB
- MOSCAMED
- PROLAC
 - Viceministro de Seguridad Alimentaria y Nutricional
 - Viceministro de Desarrollo Económico-Rural
 - Viceministro de Sanidad y Agropecuaria y Regulaciones
 - Viceministro Encarado de Asuntos del Petén. (MAGA, 2016, p. 1-33)

1.4.1. Organigrama del Ministerio de Agricultura y Ganadería

A continuación, se muestra de forma esquemática la forma de funcionamiento que posee la dirección general de energía.

Figura 1. **Organigrama del edificio Monja Blanca**



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

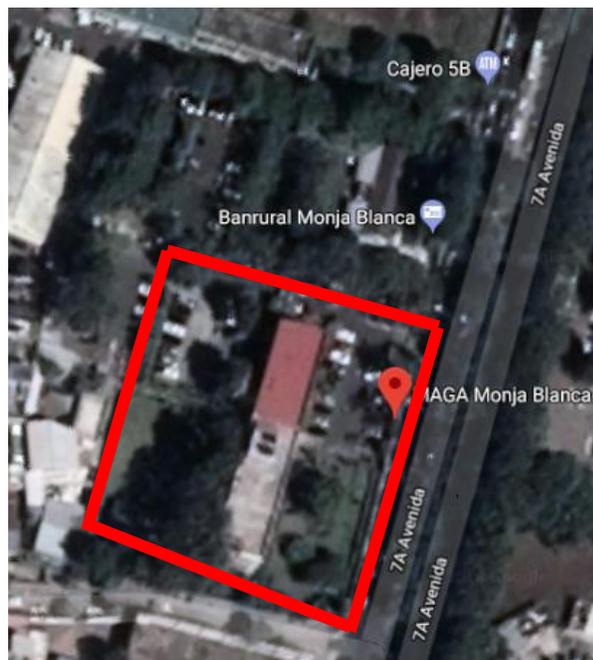
2. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

En el siguiente capítulo se dará una descripción breve de las condiciones generales del edificio Monja Blanca del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

2.1. Ubicación y área del edificio

El edificio Monja Blanca, perteneciente al Ministerio de Agricultura y Ganadería, está ubicado en la Avenida 7 12-90 en la zona 13 de la Ciudad de Guatemala. Su ubicación se muestra a continuación:

Figura 2. **Ubicación del edificio Monja Blanca**



Fuente: elaboración propia, realizado con Google Earth.

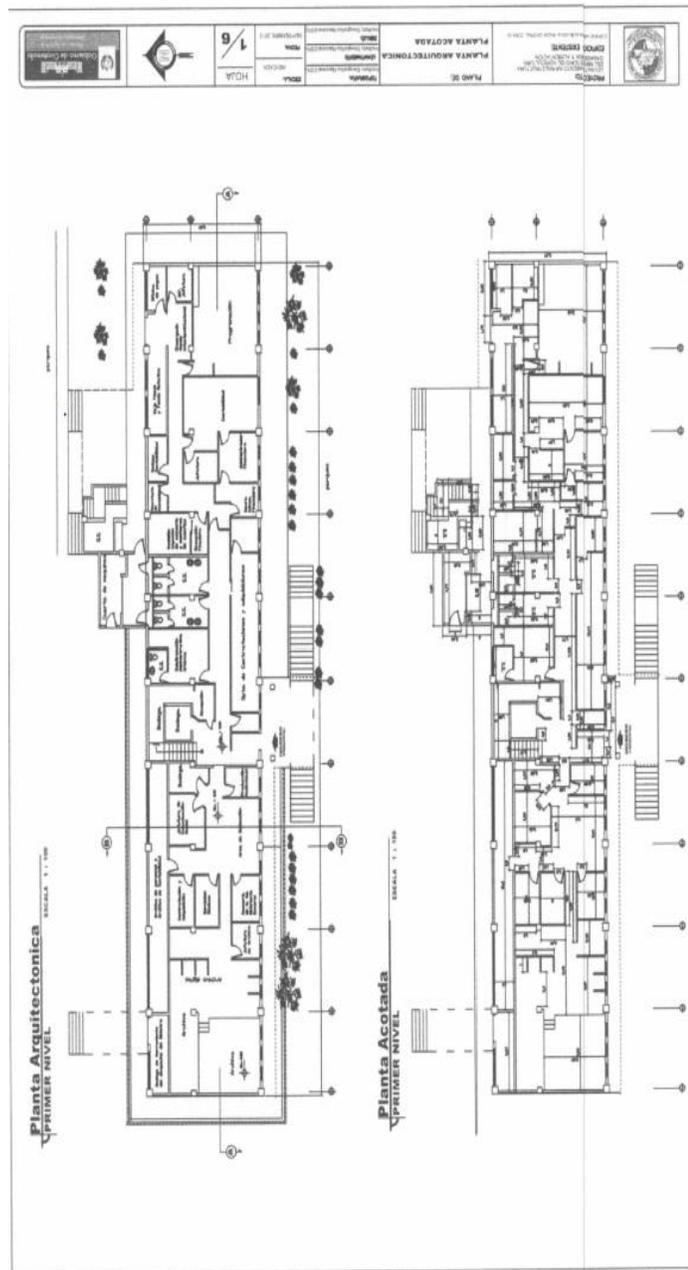
Figura 3. Plano de localización edificio Monja Blanca



Fuente: MAGA. (2016). Funciones del Ministerio de Agricultura, ganadería y alimentación.

Consultado el 30 de marzo de 2019. Recuperado de <https://www.maga.gob.gt/download/funciones-maga-m16>.

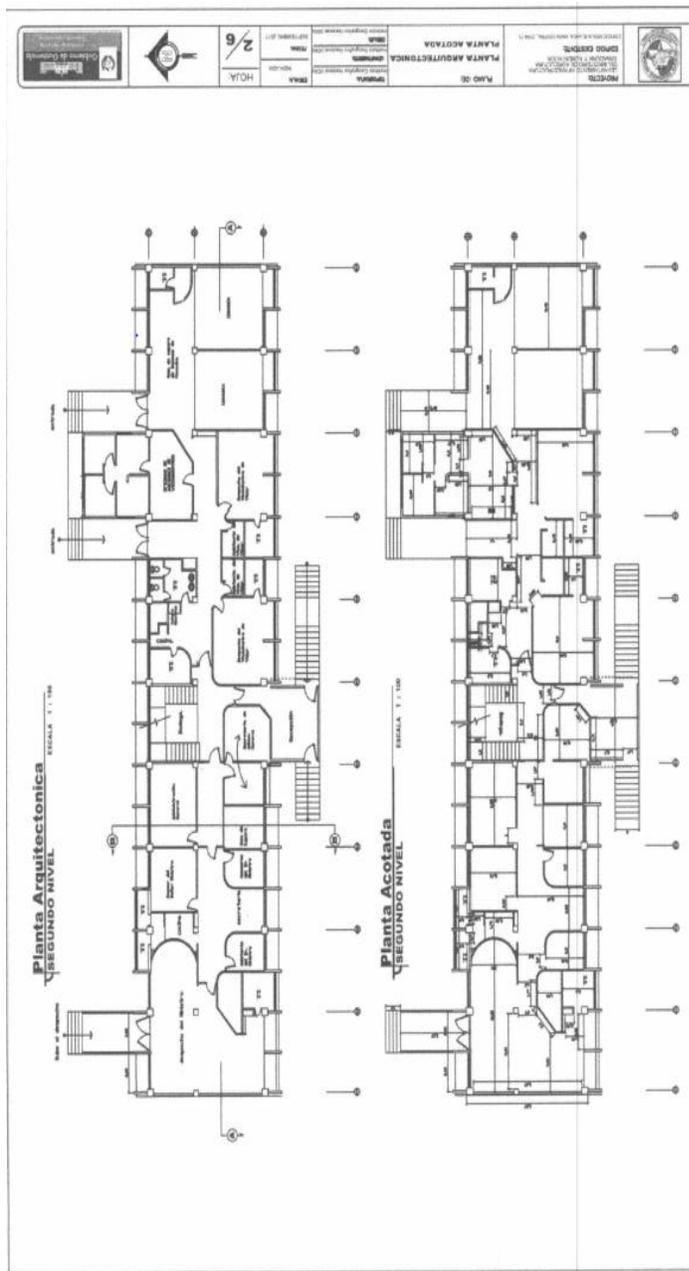
Figura 4. **Planta arquitectonica primer nivel**



Fuente: MAGA. (2016). Funciones del Ministerio de Agricultura, ganadería y alimentación.

Consultado el 30 de marzo de 2019. Recuperado de
<https://www.maga.gob.gt/download/funciones-maga-m16>.

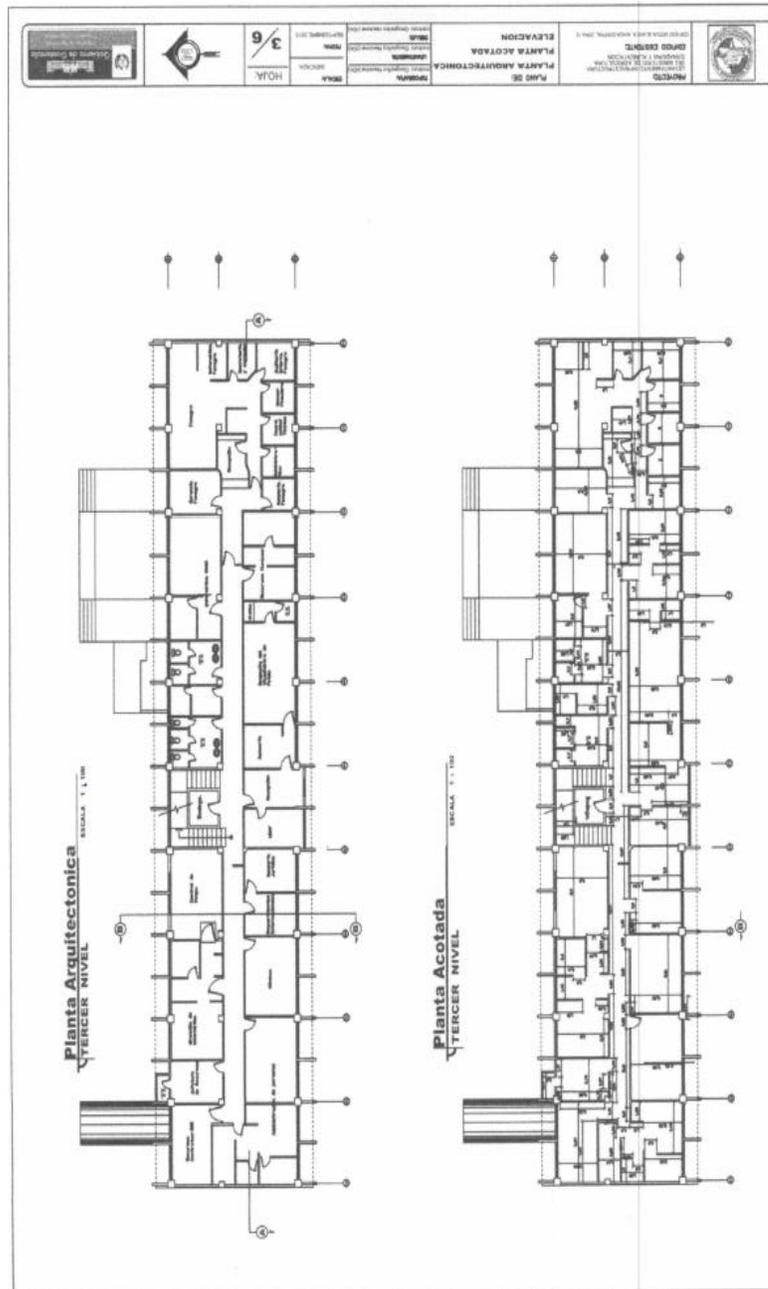
Figura 5. **Planta arquitectonica segundo nivel**



Fuente: MAGA. (2016). Funciones del Ministerio de Agricultura, ganadería y alimentación.

Consultado el 30 de marzo de 2019. Recuperado de
<https://www.maga.gob.gt/download/funciones-maga-m16>.

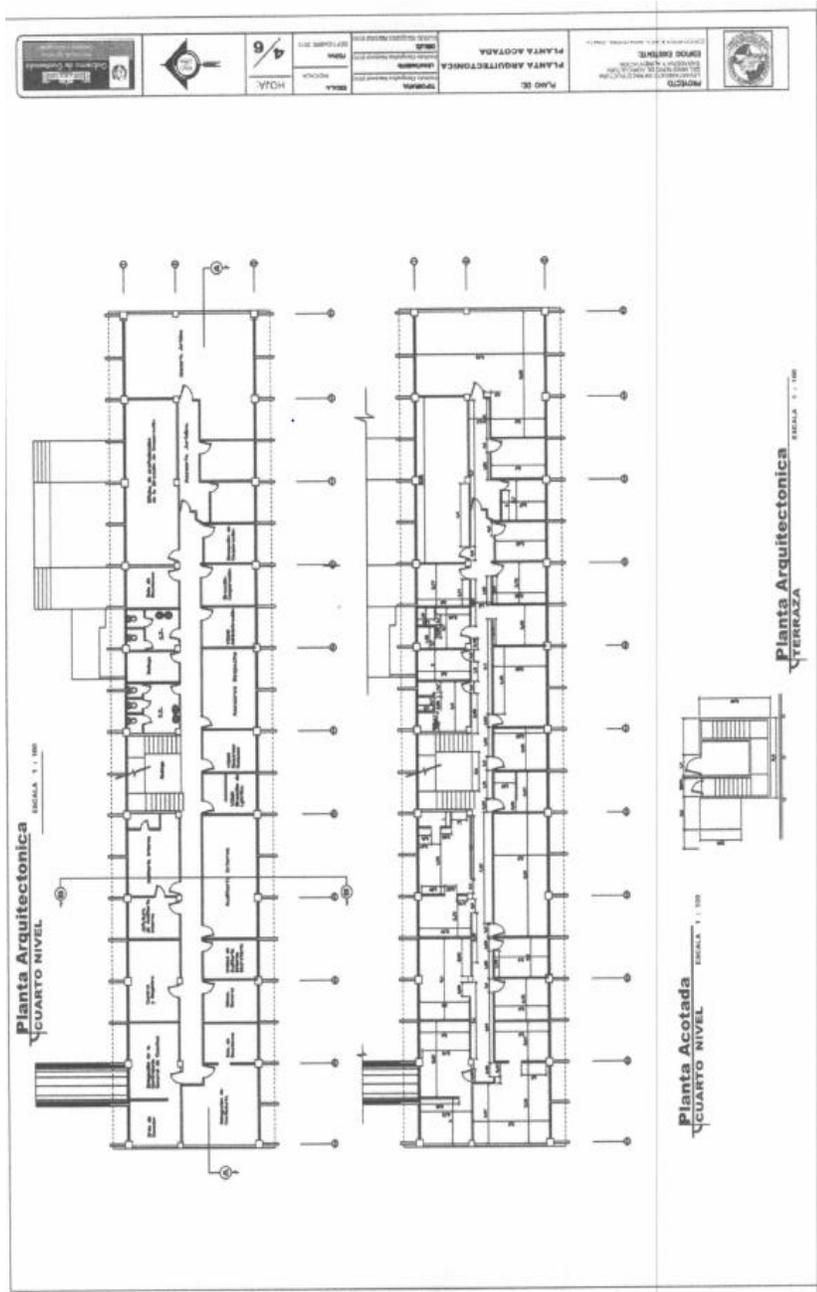
Figura 6. **Planta arquitectonica tercer nivel**



Fuente: MAGA. (2016). Funciones del Ministerio de Agricultura, ganadería y alimentación.

Consultado el 30 de marzo de 2019. Recuperado de <https://www.maga.gob.gt/download/funciones-maga-m16>.

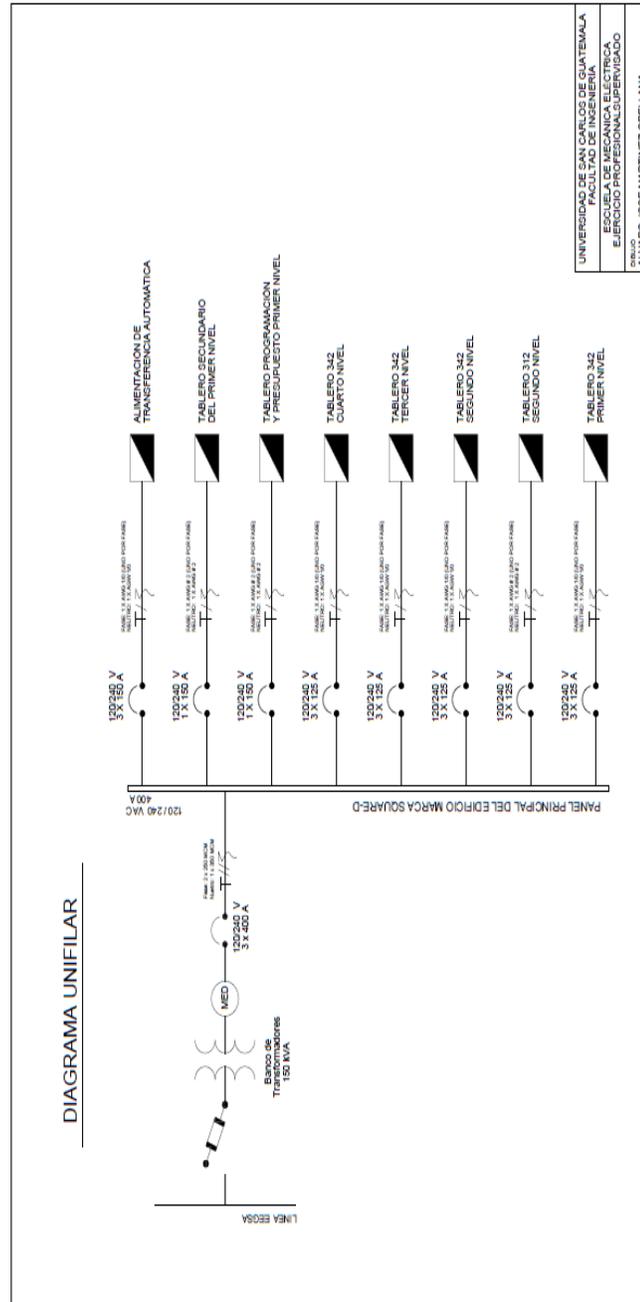
Figura 7. Planta arquitectónica cuarto nivel



Fuente: MAGA. (2016). Funciones del Ministerio de Agricultura, ganadería y alimentación.

Consultado el 30 de marzo de 2019. Recuperado de <https://www.maga.gob.gt/download/funciones-maga-m16>.

Figura 8. Diagrama unifilar edificio Monja Blanca



Fuente: elaboración propia, realizado con AutoCAD 2019.

2.2. Horario de trabajo

En el edificio el horario de trabajo es de 08:00 a 16:00 horas de lunes a viernes, quedando cerradas, los fines de semana, la mayor parte de las áreas que operan en el edificio es considerable que esto no afecta a los consumos energéticos del edificio.

2.3. Condiciones generales del edificio

Para iniciar la auditoria fue necesario verificar las condiciones generales del edificio, para ello se realizó una inspección visual donde fueron recolectados los siguientes datos:

- Edificación de concreto y ladrillo, con columnas fundidas.
- Ventanas exteriores de vidrio con marcos de aluminio a los laterales del edificio.
- Lámparas fluorescentes con difusor de aluminio en su mayoría.
- El edificio principal consta de un banco de transformadores de 3x50 Kva, el edificio está conformado de 4 niveles y cada nivel cuenta con un tablero de distribución de 42 polos, cuenta con un tablero de 16 polos para aires acondicionados.
- Cuenta con piso cerámico en el interior de los 4 niveles del edificio.
- Suministro de agua potable y presión adecuada en los 4 niveles.

3. ANÁLISIS HISTÓRICOS DE CONSUMO

Las instalaciones del edificio Monja Blanca cuentan con un solo punto de suministro de acometida que alimenta el edificio, el cual es el siguiente, posee una tarifa de baja tensión con demanda en fuera de punta (BTDfp), con un banco trifásico de 50 kva c/u para un total de 150 kva.

Tabla I. **Datos de energía eléctrica principal**

Medidor(Contador)	N-76393
Tarifa	BTDfp
Voltaje	120/208 V
Fases	3

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Este servicio es el que brinda servicio de energía eléctrica al edificio Monja Blanca del Ministerio de Agricultura y Ganadería, el cual tiene un registro con un consumo promedio de 25,488 KWh durante el año 2017, el cual registra un promedio mensual de Q 29,996.10, en concepto de consumo de electricidad.

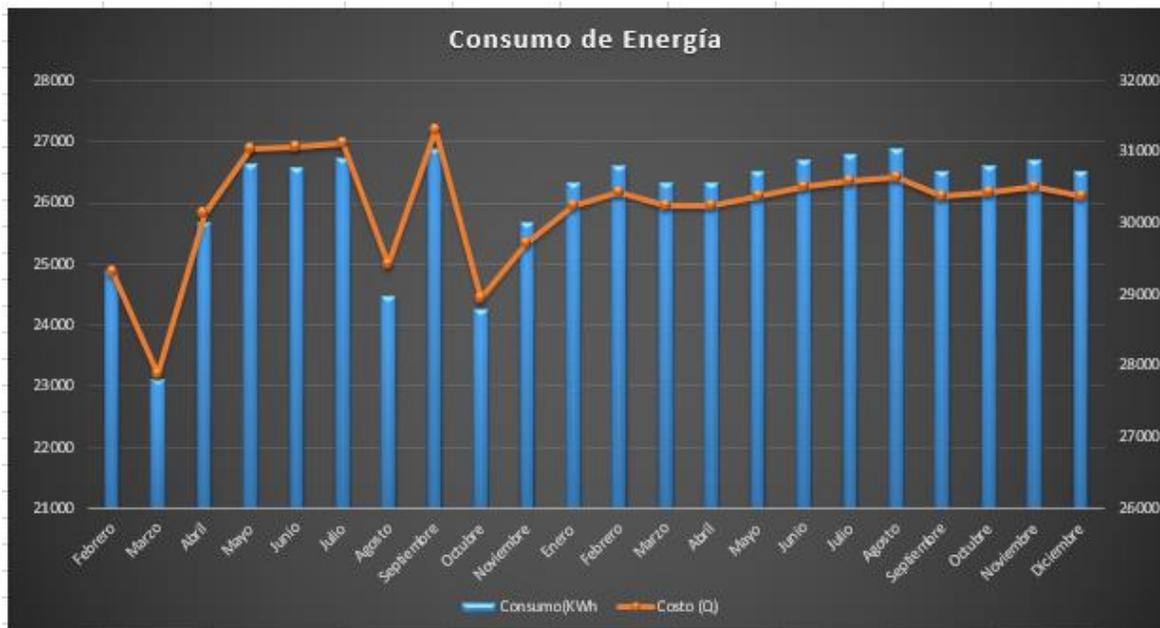
Tabla II. Consumo energético del edificio Monja Blanca

Año 2017	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Costo Kwh	0.703471	0.703471	0.706144	0.706144	0.706144	0.707589	0.707589	0.707589	0.637206	0.637206
Consumo Kwh	24880	23120	25680	26640	26560	26720	24480	26880	24240	25680
Costo de energia	17502.36	16264.24952	18133.77732	18811.68	18755.18	18906.78	17321.78	19019.99232	16900.27	17904.25008
Incumplimiento de NTSD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Potencia Max kw	88	86.4	96	101.6	104.8	101.6	104	104	104	90.4
Potencia contratada Kw	123.2	123.2	123.2	123.2	123.2	123.2	123.2	123.2	123.2	123.2
Costo por Potencia Max. (Q)	23.57852	23.578522	22.806367	22.80637	22.80637	22.80144	22.80144	22.801444	22.80144	22.801444
Costo por Potencia Contratada(Q)	29.16337	29.163369	29.163369	29.16337	29.16337	29.01499	29.01499	29.014991	29.01499	29.014991
Costo por Potencia	5667.837	5630.111362	5782.338293	5910.054	5983.034	5891.274	5945.997	5945.997067	5945.997	5635.897429
Costo por tasa Municipal (Q)	3042.84	2876.98	3139.81	3244.54	3246.68	3254.53	3055.6	3276.36	3000.8	3.091
Cargo fijo por cliente (Q)	236.2367	236.236709	236.236709	236.2367	236.2367	236.8135	236.8135	236.813548	236.8135	236.813548
Total factura (con IVA) (Q)	29306.2	27877.2693	30141.63527	31043.92	31062.39	31130.05	29416.14	31318.13929	28944.05	29721.19638

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Cabe mencionar que se prevé un crecimiento bastante estable de 200 KWh para el año 2018, por concepto de consumo energético.

Figura 9. Proyección de crecimiento energético para el año 2018



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Mencionando los consumos energéticos, es necesario decir que el edificio Monja Blanca no ha sido sancionado o incurrido debido a incumplimientos en la normativa (NTSD) por bajo factor de potencia.

3.1. Consumo de agua potable

El suministro de agua potable es suministrado por la empresa municipal EMPAGUA; por lo cual, para su análisis, se recogió la información de la facturación del servicio correspondiente al año 2017.

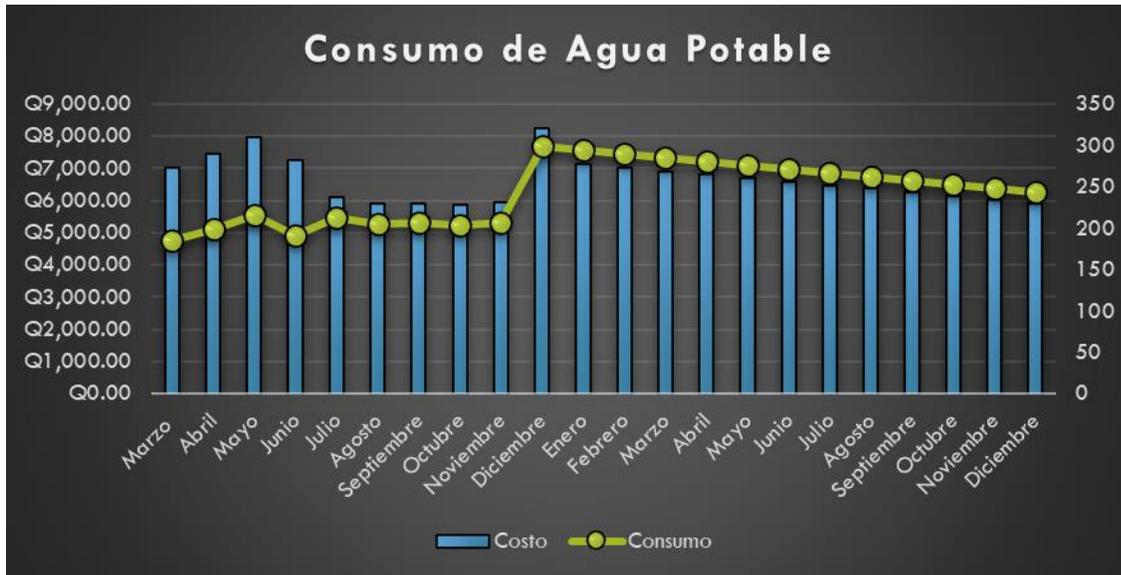
Se espera que el consumo anual constante de agua aumente debido a la mayor demanda en 2018.

Tabla III. Consumo de agua potable edificio Monja Blanca

2017	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Costo M3	Q24.16	Q24.16	Q24.30	Q24.16	Q24.16	Q24.16	Q24.16	Q24.16	Q24.16	Q24.16	Q24.16
Consumo M3	258	308	185	199	216	191	213	205	206	204	207
Costo Consumo M3	Q6,232.87	Q7,440.79	Q4,496.30	Q4,807.52	Q5,218.21	Q4,614.25	Q5,145.74	Q4,952.47	Q4,976.63	Q4,928.31	Q5,000.79
Alcantarillado	Q1,113.01	Q1,328.71	Q798.09	Q858.49	Q931.82	Q823.97	Q918.88	Q884.37	Q888.63	Q880.06	Q893.00
Cargo Fijo	Q27.19	Q27.19	Q27.19	Q27.19	Q27.19	Q27.19	Q27.19	Q27.19	Q27.19	Q27.19	Q27.19
Total por Mora	Q223.90	Q22.56	Q26.07	Q26.43	Q26.84	Q26.84	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Total a Pagar	Q7,596.97	Q8,819.25	Q5,320.65	Q5,719.63	Q6,204.06	Q5,492.25	Q6,091.81	Q5,864.03	Q5,892.50	Q5,835.56	Q5,920.98
Total Factura	Q21,872.77	Q10,479.18	Q7,003.14	Q7,428.19	Q7,939.05	Q7,227.24	Q6,091.81	Q5,864.03	Q5,892.50	Q5,835.56	Q5,920.98

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Figura 10. **Proyección de consumo de agua potable**



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

4. INVENTARIO DE EQUIPOS

Para poder conocer cuánta energía (potencia instalada) consume la organización, se llevó a cabo un inventario de equipos en el edificio Monja Blanca del Ministerio de Agricultura y Ganadería, para saber cuánto cuesta y cómo se utiliza.

Al considerar esta lista de elementos, un consumidor puede determinar qué trabajos deben realizarse y las posibles mejoras de eficiencia energética. Esto permite crear planes de ahorro de energía y disminuir su factura mensual de electricidad.

A continuación, se muestra el listado de los equipos conectados al edificio y los consumos energéticos de cada uno:

Tabla IV. Inventario de equipos del edificio Monja Blanca

Ítem	Equipo	Cantidad	Consumo Individual	Antigüedad	Horas Promedio	Ahorro de Energía	Energía Consumida (KWh)	Energía al Mes	Energía al Año
1	Computadora de Escritorio	263	82	3	8	No	172.53	3450.56	15.43
2	Monitor LCD para PC de Escritorio	263	78	3	8	No	164.11	3282.24	14.73
3	Computadora Portátil (Laptop)	5	35	2	5	Si	0.88	17.5	0.08
4	Impresoras	45	800	3	2	No	72.00	1440	6.46
5	UPS	15	675	5	24	No	243.00	4860	21.81
6	Ventilador	3	36.4	5	5	No	0.55	10.32	0.05
7	Televisor pantalla plana LCD	3	200	3	7	No	4.20	84	0.38
8	Cafetera	10	700	18	3	No	21.00	420	1.88
9	Scanner	10	150	5	0.2	No	0.30	6	0.03
10	Servidor	1	500	8	24	No	12.00	240	1.08
11	Fotocopiadora	11	800	4	2	No	17.60	352	1.58
12	Reproductor de DVD	2	20	5	4	No	0.16	3.2	0.01
13	Refrigeradora	3	250	8	24	No	18.00	360	1.62
14	Microondas	15	1300	5	2	No	39.00	780	3.50
16	Dispensador de Agua (Oasis)	3	400	6	12	No	43.20	864	3.88
17	Recicladora de Papel	2	200	5	2	No	0.80	16	0.07
18	Planta Telefonica	4	40	3	24	No	3.84	76.8	0.34
19	Bomba de Agua de 3/4 HP	1	552	10	3	No	4.37	89.36	0.45
20	Cargadores de Celular	7	4.83	3	2	No	0.07	1.3524	0.01
21	Aire Portatil	1	2.7	6	6	No	0.02	0.324	0.00
22	Aire Acondicionado	25	1350	10	5	No	168.75	3375	15.15
23	Radio	2	40	4	5	No	0.40	8	0.04
24	Equipo de Camara CCTV	1	75	4	24	No	1.80	36	0.16
25	Fax	150	4	6	2	No	1.20	24	0.11
26	Otros Equipos	20	5	4	5	No	0.50	10	0.04
Iluminación									
27	40 watts	446	40	1	8	No	142.72	2854.4	12.81
28	75 watts	17	75	2	8	No	10.20	204	0.92
29	5 watts	14	5	1	8	No	0.56	11.2	0.05
30	25 watts	18	25	2	8	No	3.60	72	0.32
31	17 watts	4	17	2	8	No	0.54	10.88	0.05
32	100 watts	1	100	2	8	No	0.80	16	0.07
33	18 watts	30	18	2	8	No	4.32	86.4	0.39
							1153.61	23072.1364	

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Teniendo en cuenta los datos de la tabla anterior, queda demostrado que el mayor consumo energético en el edificio corresponde a los equipos de computación, los cuales representan el 30.22 %, el segundo serían los sistemas de protección de equipos o UPS, y en tercer lugar los equipos climatización o aires acondicionados, lo cuales representan el 15.15 %, cabe mencionar que la iluminación queda en el cuarto lugar con un 13.60 %.

La figura 11 muestra el desglose del uso de energía eléctrica en un edificio.

Figura 12. **Distribución de consumos resumidos**



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

4.1. **Iluminación**

La evaluación y diagnóstico del suministro lumínico del edificio Monja Blanca, se llevó a cabo mediante verificaciones y cuantificaciones de unidades de iluminación por área, cantidad de luxes (luxómetro), difusores, altura, temperatura debido al color, eficiencia y deficiencias por área y aprovechamientos de la luz general.

La tabla V muestra la información recopilada a partir de las evaluaciones de la iluminación del edificio.

Tabla V. Datos de luminarias y lámparas del edificio Monja Blanca

	AREA DE TRABAJO	TIPO DE LAMPARA	CANTIDAD	TIPO DE DIFUSOR	ALTURA (m)	TEMP. COLOR	POTENCIA (W)	TEMP. (K)	
P r i m e r i v e l	Archivo 1	Fluorescente	10	LBSD	3	Neutra	40	3800	
	Archivo 2	Fluorescente	12	LBSD	3	Cálida	40	3800	
	Archivo Digital	Fluorescente	1	USD	3	Cálida	75	2800	
	Jefatura de Archivo	Fluorescente	4	LBSD	3	Cálida	40	3800	
	Jefatura de Archivo	Fluorescente	10	LCDA	3	Cálida	75	2800	
	Jefatura de Archivo	Incandescente	4	USD	3	Cálida	75	2800	
	Asesoría del Ministro general	Incandescente	1	USD	3	Cálida	75	2800	
	Servicios Basicos	Fluorescente	4	LCSD	3	Cálida	40	3800	
	Contratación y Adquisicion	Incandescente	2	USD	3	Cálida	75	2800	
	Contratación y Adquisicion	Fluorescente	4	LBSD	3	Cálida	40	3800	
	Bodega de Herramienta del despacho del ministro	Fluorescente	4	LBSD	3	Cálida	40	3800	
	Archivo de personal y archivo de contabilidad	Fluorescente	6	LBSD	3	Cálida	40	3800	
	Jefatura de Comunicación Social	Fluorescente	10	LBSD	3	Cálida	40	3800	
	Recepción	Fluorescente	4	LBSD	3	Cálida	40	3800	
	Sanitario Hombres	Incandescente	1	LCSD	3	Cálida	75	2800	
	Sanitario Mujeres	Fluorescente	2	LBSD	3	Cálida	40	3800	
	Secretaria de Contabilidad	Incandescente	1	USD	3	Cálida	75	2800	
	Bodegas Contabilidad	Fluorescente	4	LBSD	3	Cálida	40	3800	
	Recepcion Financiera	Incandescente	1	LCDB	3	Cálida	75	2800	
	Jefatura	Fluorescente	4	LBSD	3	Cálida	40	3800	
	Administrador Financiero	Fluorescente	2	LBSD	3	Cálida	40	3800	
	Contabilidad	Fluorescente	8	LBSD	3	Cálida	40	3800	
	Secretaria Finaciera	Fluorescente	8	LCDA	3	Cálida	40	3800	
	Caja financiera y fondo rotativo	Fluorescente	2	LBSD	3	Cálida	40	3800	
	Oficina de pagos	Fluorescente	4	LBSD	3	Cálida	40	3800	
	Jefatura pagos	Fluorescente	4	LBSD	3	Cálida	40	3800	
	Programación	Fluorescente	14	LBSD	3	Cálida	40	3800	
	Pasillos	Fluorescente	12	LCDA	3	Cálida	40	3800	
	Pasillo area financiera	Fluorescente	8	LBSD	3	Cálida	40	3800	
	S e g u n o N i v e l	Recepción	Incandescentes	10	USD	3	Fría	25	6500
		Despacho del ministro	Fluorescente	12	LCDA	3	Cálida	40	3800
		Despacho del ministro	Incandescente	1	USD	3	Fría	25	6500
		Despacho del ministro	Led (Ojo de Buey)	6	LLEA	2.8	Fría	25	6500
		Servicio Sanitario Ministro	Incandescentes	1	USD	3	Fría	25	6500
		Asistente del Ministro	Fluorescente	4	LCDA	3	Cálida	40	3800
		Cocina	Fluorescente	4	LCDA	3	Cálida	40	3800
		Asesor del Primero Ministro	Fluorescente	4	LCDA	3	Cálida	40	3800
		Sala de Espera	Fluorescente	2	LCDA	3	Cálida	40	3800
Administración General		Fluorescente	2	LCDA	3	Cálida	40	3800	
Bodega		Incandescente	1	USD	3	Cálida	100	3000	
Secretaría de Administración General		Fluorescente	4	LCDA	3	Cálida	40	3800	
Asistente del Ministro 2		Fluorescente	4	LCDA	3	Cálida	40	3800	
Servicio Sanitario Hombres		Incandescente	1	USD	3	Cálida	40	3800	
Servicio Sanitario Mujeres		Fluorescente	2	LCDA	3	Cálida	40	3800	
Cocina 2		Fluorescente	2	LCDA	3	Cálida	40	3800	
Despacho del viceministro		Fluorescente	4	LCDA	3	Cálida	40	3800	
Auditoria de de Viceministro		Incandescente	1	USD	3	Fría	25	6500	
Asistente del Viceministro		Incandescente	1	USD	3	Fría	25	6500	
Oficina de Asesores de Viceministros		Fluorescente	12	LCDA	3	Cálida	40	3800	
Sala de Espera de Salones		Fluorescente	2	LCDA	3	Cálida	40	3800	
Sala de Espera de Salones		Fluorescente tipo U	4	LCDA	3	Cálida	40	3800	
CENADEA		Fluorescente	8	LCDA	3	Cálida	40	3800	
CENADEA		Fluorescente	8	LCDA	3	Cálida	40	3800	
Pasillo		Fluorescente	8	LCDA	3	Cálida	40	3800	
T e r c e r o N i v e l		Asesoría Fonagro	Fluorescente	4	LBSD	3	Cálida	40	3800
		Administrativo	Fluorescente	4	LBSD	3	Cálida	40	3800
		Coordinación	Fluorescente	4	LBSD	3	Cálida	40	3800
	Asesor - Financiero	Fluorescente	4	LBSD	3	Cálida	40	3800	
	Auditoria Interna Fonagro	Fluorescente	8	LBSD	3	Cálida	40	3800	
	Secretaria Fonagro	Fluorescente	4	LCDA	3	Cálida	40	3800	
	Recepción Fonagro	Fluorescente	4	LCDA	3	Cálida	40	3800	
	Fonagro	Fluorescente	12	LCDA	3	Cálida	40	3800	
	Gerencia Fonagro	Fluorescente	4	LBSD	3	Cálida	40	3800	
	Informatica	Fluorescente	4	LBSD	3	Cálida	40	3800	
	Recursos Humanos	Fluorescente	4	LCDA	3	Cálida	40	3800	
	Recursos Humanos Anexo	Incandescente	8	LCDA	3	Cálida	40	3800	
	Servicio Sanitario Hombres	Fluorescente	2	LBSD	3	Cálida	40	3800	
	Servicio Sanitario Mujeres	Fluorescente	2	LBSD	3	Cálida	40	3800	
	Asesoría Jurídica	Fluorescente	2	LBSD	3	Cálida	40	3800	
	Requerimientos	Fluorescente	2	LBSD	3	Cálida	40	3800	
	Hidricos	Incandescente	4	USD	3	Cálida	40	3800	
	Administración de Personal	Incandescente	12	USD	3	Cálida	40	3800	
	Recursos Contrato	Led (Ojo de buey)	6	LLEA	2.8	Fría	5	6000	
	Jefatura de Recursos	Led (Ojo de buey)	6	LLEA	2.8	Fría	5	6000	
	Dirección de Informática	Fluorescente	14	LBSD	3	Cálida	40	3800	
	Administración de personal (anexo)	Fluorescente	6	LBSD	3	Cálida	40	3800	
	Pasillo	Led	4	LLDA	3	Fría	17	6500	
	Pasillo	Fluorescente	14	LBSD	3	Cálida	40	3800	
	C u a r t o N i v e l	Asesoría Jurídica	Incandescente	12	LCDA	3	Cálida	40	3800
		Asesoría 1	Incandescente	8	LCDB	3	Cálida	40	3800
		Sala de Reunion	Incandescente	4	LCDB	3	Cálida	40	3800
		Recepción de Cooperación	Incandescente	4	LCDB	3	Cálida	40	3800
Recepción de Cooperación		Led	4	LLDA	3	Fría	17	6500	
Recepción de Cooperación		Incandescente	4	LCDA	3	Cálida	40	3800	
Ministro Cooperación		Led(Ojo de buey)	3	LLEA	3	Fría	25	6500	
Oficina de Arrendamientos de la Dirección de Cooperacion		Incandescente	18	LCDA	3	Cálida	40	3800	
Asesores Despacho		Incandescente	4	LCDB	3	Cálida	40	3800	
Asesores Despacho		Fluorescente	2	LBSD	3	Cálida	75	2800	
VISAM Dirección de Logística		Incandescente	4	LCDB	3	Cálida	40	3800	
Delegación de Contaduría		Incandescente	8	LCDB	3	Cálida	40	3800	
Auditoria Interna		Incandescente	4	LCDB	3	Cálida	40	3800	
Auditoria Interna 2		Incandescente	12	LCDB	3	Cálida	40	3800	
Jefatura de Auditoria Interna		Incandescente	4	LCDA	3	Cálida	40	3800	
Unidad de Auditoria Interna Secretaria		Incandescente	2	LCDA	3	Cálida	40	3800	
Administración general	Incandescente	2	LCDA	3	Cálida	40	3800		
Contraloría General de Cuentas	LED	8	LLDA	3	Fría	17	6500		
Pasillo	LED	26	LLDB	3	Fría	8	6500		

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Abreviaturas:

- LCDA: Luminaria con difusor de aluminio
- LCDB: Luminaria con difusor blanco
- LLEA: Luminaria led empotrable de aluminio
- LBSD: Luminaria blanca sin difusor
- LLDA: Luminaria led difusor de aluminio
- LISD: Luminaria incandescente sin difusor.
- Condiciones de Iluminación dentro del edificio Monja Blanca.

Tabla VI. Características de las luminarias y lámparas del edificio Monja Blanca

	Área de trabajo	Regulación y Encendido	Luz Natural			Deficiencias		
			Luz Natural	Ventanas	Tragaluz	Sombra	Deslumbramientos	Parpadeo
P r i m e r N i v e l	Ubicación							
	Archivo 1	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Archivo 2	CPI	No	No	No	No	No	No
	Archivo Digital	CPI	Si	Si	No	Si	No	No
	Jefatura de Archivo	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Asesoría del Ministro general	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Servicios Básicos	CPI	No	No	No	No	No	No
	Contratación y Adquisición	CPI	Si	Si	No	Si	No	No
	Bodega de Herramienta del despacho del ministro	CPI	No	No	No	Si	No	No
	Archivo de personal y archivo de contabilidad	CPI	Si	Si	No	No	No	Si
	Jefatura de Comunicación Social	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Recepción	CPI	Si	Si	No	Si	No	No
	Sanitario Hombres	CPI	No	No	No	Si	No	Si
	Sanitario Mujeres	CPI	No	No	No	Si	No	No
	Secretaría de Contabilidad	CPI	No	No	No	No	No	No
	Bodegas Contabilidad	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Recepción Financiera	CPI	Si	Si	No	Si	No	No
	Jefatura	CPI	No	No	No	Si	No	No
	Administrador Financiero	CPI	No	No	No	Si	No	No
	Contabilidad	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Secretaría financiera	CPI	Si	Si	No	Si	No	No
	Caja financiera y fondo rotativo	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Oficina de pagos	CPI	No	No	No	No	No	No
	Jefatura pagos	CPI	No	No	No	No	No	No
	Programación	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Pasillo	CPI	No	No	No	Si	No	No
	Pasillo area financiera	CPI	No	No	No	No	No	No
S e g u n d o N i v e l	Recepción	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Despacho del ministro	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Servicio Sanitario Ministro	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Asistente del Ministro	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Cocina	CPI	No	No	No	Si	No	No
	Asesor del Primer Ministro	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Sala de Espera	CPI	No	No	No	Si	No	No
	Administración General	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Bodega	CPI	No	No	No	No	No	No
	Secretaría de Administración General	CPI	No	No	No	Si	No	No
	Asistente del Ministro 2	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Servicio Sanitario Hombres	CPI	Si	Si	No	Si	No	No
	Servicio Sanitario Mujeres	CPI	Si	Si	No	Si	No	No
	Cocina 2	CPI	No	No	No	Si	No	No
	Despacho del viceministro	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Auditoría de Viceministro	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Asistente del Viceministro	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Oficina de asesores de Viceministros	CPI	No	No	No	No	No	No
	Sala de Espera de Salones	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	CENADEA	CPI	Si	Si	No	No	No	No
CENADEA	CPI	Si	Si	No	No	No	No	
Pasillo	CPI	No	No	No	Si	No	No	
T e r c e r N i v e l	Asesoría Fonagro	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Administrativo	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Coordinación	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Asesor - Financiero	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Auditoría Interna Fonagro	CPI	No	No	No	Si	No	No
	Secretaría Fonagro	CPI	No	No	No	Si	No	No
	Recepción Fonagro	CPI	No	No	No	Si	No	No
	Fonagro	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Gerencia Fonagro	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Informática	CPI	Si	Si	No	Si	No	No
	Recursos Humanos	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Recursos Humanos Anexo	CPI	Si	Si	No	Si	No	No
	Servicio Sanitario Hombres	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Servicio Sanitario Mujeres	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Asesoría Jurídica	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Requerimientos	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Hidricos	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Administración de Personal	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Recursos Contrato	CPI	Si	Si	No	Si	No	No
	Jefatura de Recursos	CPI	Si	Si	No	No	No	No
Dirección de Informática	CPI	Si	Si	No	No	No	No	
Administración de personal (anexo)	CPI	Si	Si	No	No	No	No	
Pasillo	CPI	No	No	No	Si	No	No	
C u a r t o N i v e l	Asesoría Jurídica	CPI	Si	Si	No	Si	No	No
	Asesoría 1	CPI	No	No	No	No	No	No
	Sala de Reunion	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Recepción de Cooperación	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Dirección Cooperación	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Oficina de profesionales de la Dirección de Cooperación	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Asesores Despacho	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	VISAM Dirección de Logística	CPI	Si	Si	No	Si	No	No
	Delegación de Contaduría	CPI	Si	Si	No	Si	No	No
	Auditoría Interna	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Auditoría Interna 2	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Jefatura de Auditoría Interna	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Unidad de Auditoría Interna Secretaria	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Administración general	CPI	Si	Si	No	No	No	No
	Contraloría General de Cuentas	CPI	Si	Si	No	Si	No	No
Pasillo	CPI	No	No	No	Si	No	No	

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Abreviaturas:

- CPI: Control por interruptor

4.1.1. Análisis de los resultados de la iluminación

Los resultados que se obtuvieron derivados de la cuantificación de luminarias dan como resultado un total de 98 luminarias, las cuales están conformadas por 530 lámparas, aproximadamente, en el edificio principal del edificio Monja Blanca.

- El porcentaje de eficiencia se obtuvo mediante la verificación de la cantidad de lámparas en mal estado y su relación con la cantidad total instalada, el área en metros cuadrados medidos dentro de cada área que es cubierta por las luminarias.
- Las luces de emergencia de las escaleras se encienden y apagan con un botón. Otras luces tienen controles de encendido y apagado que usan un interruptor. Son los únicos exentos de esta regla.
- En el total de las luminarias instaladas dentro del edificio, actualmente son de 3 tipos, en su mayoría son incandescentes de 40 w, pero también tiene instaladas luminarias fluorescentes y en menor cantidad luminarias led que representas mayor claridad y ahorro de energía.

Para el análisis que se está realizando basado en la calidad e intensidad de iluminación en las áreas de trabajo del edificio Monja Blanca del Ministerio de Agricultura y Ganadería, se usó como referencia el *Reglamento de salud y*

seguridad ocupacional referente al Ministerio de Trabajo y Previsión Social, se citará el Artículo 17 que trata a acerca de la iluminación en las áreas de trabajo.

Los lugares de trabajo deben contar con iluminación adecuada para la seguridad y conservación de la salud de los trabajadores. Cuando la iluminación natural no sea factible o suficiente, se debe proveer de luz artificial en cualquiera de sus formas, siempre que ofrezca garantías de seguridad, no vicie la atmósfera del local y no ofrezca peligro de incendio. El número de fuentes de luz, su distribución e intensidad, deben estar en relación con la altura superficie del local y trabajo que se realice, como lo establece el artículo 168 de este reglamento. Los lugares que vulneren y pongan en riesgo al trabajador, deben estar especialmente iluminados. La iluminación natural, directa o refleja, no debe ser tan intensa que exponga a los trabajadores a sufrir accidentes o daños en su salud. (Acuerdo Gubernativo 33-2016, 2016, p. 1-12)

En el mismo acuerdo, pero referente al artículo 67, se presenta una tabla de valores de iluminación mínimos que deben estar instaladas en las oficinas, la cual se muestra a continuación:

- Niveles Mínimos de Iluminación.

Tabla VII. **Niveles mínimos de iluminación**

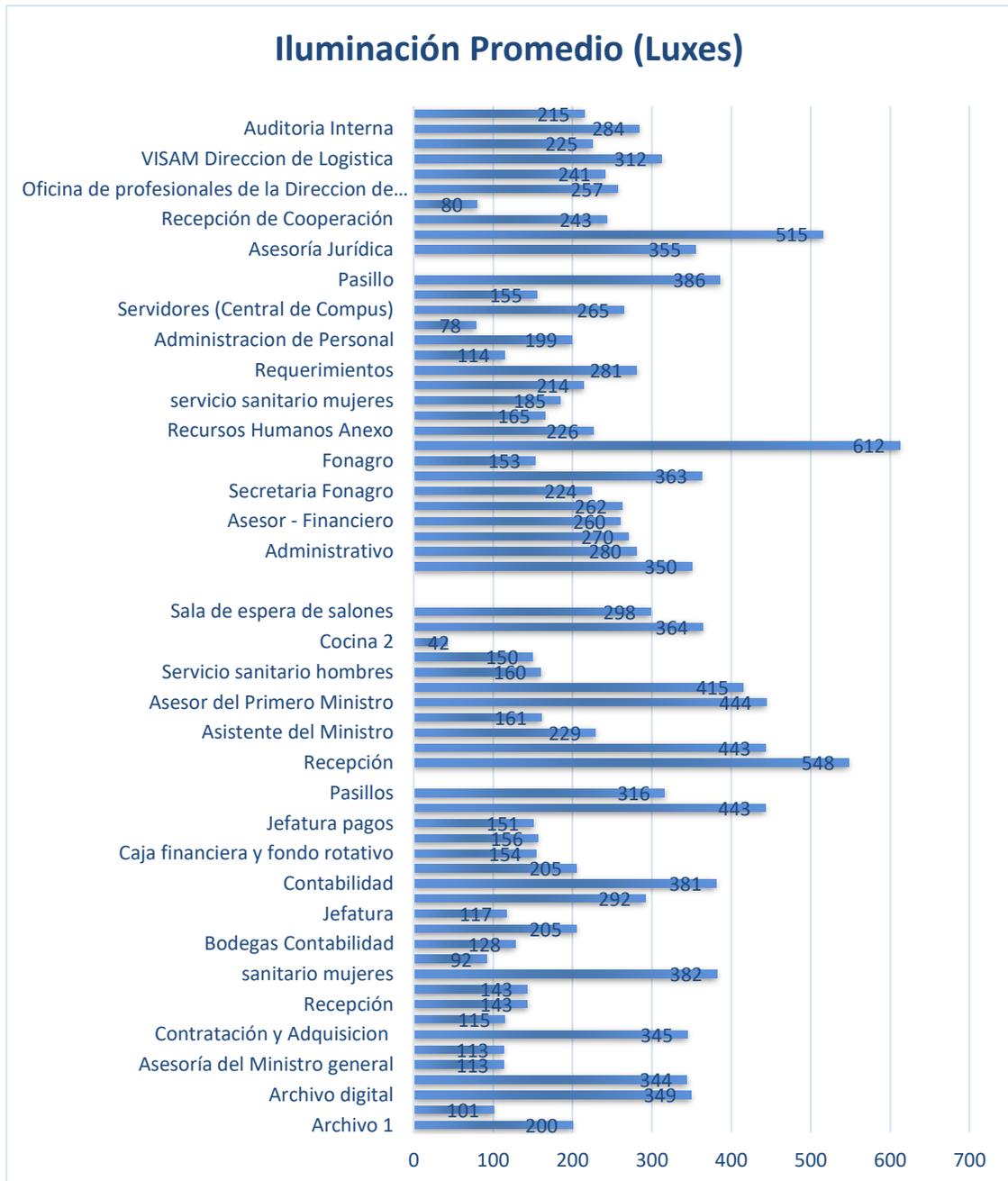
OFICINAS		
Escaleras y pasillos	Baja	100-150
Baños	Baja	100-150
Recepción y sala de reuniones	Media	200-500
Bodegas de materiales	Media	200-500
Trabajo de oficinistas	Alta	500-1,000
Redacción	Alta	1,500-2,000
Archivo	Alta	1,500-2,000

Fuente: Acuerdo Gubernativo 33-2016: (2016). *Reformas al reglamento de salud y seguridad ocupacional.*

Las mediciones de luz en el edificio de Monja Blanca revelan una intensidad de luz promedio para cada área. Los datos se muestran a continuación:

- Valores promedio de iluminación por cada área del edificio Monja Blanca

Figura 13. **Valores promedio de iluminación por área de trabajo del edificio Monja Blanca**



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Un acuerdo del gobierno establece que la mayoría de las partes del edificio Monja Blanca deben cumplir con los requisitos mínimos. Sin embargo, se ha visto que solo algunas de las áreas del edificio cumplen con este estándar. Además, el uso de ventanas en los lados laterales del edificio proporciona iluminación natural.

Las áreas que están más afectadas con el nivel bajo de iluminación son:

- Dirección de Cooperación con 80 luxes
- Recursos Contrato con 78 luxes
- Cocina 2 con 42 luxes
- Secretaria de contabilidad con 92 luxes
- Archivo 2 con 101 luxes

Este inconveniente o deficiencia en los niveles de iluminación es provocada mayormente por la cantidad de luminarias quemadas o en su defecto en mal estado, también a la ubicación de estas, o el mantenimiento que no se ha dado a las luminarias.

Es imperativo tener en cuenta que el mantenimiento y la limpieza regulares no se realizan para el sistema de iluminación. La acción correctiva adicional se realiza solo cuando falla una luz o se necesita un reemplazo.

5. HÁBITOS DE CONSUMO

Relevar los hábitos y costumbres de los empleados del edificio Monja Blanca ayuda a conocer el uso que hacen de los artefactos y aparatos eléctricos. Esta información proporciona información sobre sus hábitos de uso de energía, que luego se pueden utilizar para dar forma a futuras iniciativas de conservación de energía.

A continuación, se muestra la encuesta que se pasó a los trabajadores del edificio, en la cual expresaron su opinión acerca de los hábitos de consumo que están acostumbrados a realizar cada día.

Figura 14. Encuesta realizada a empleados del edificio Monja Blanca

ENCUESTA

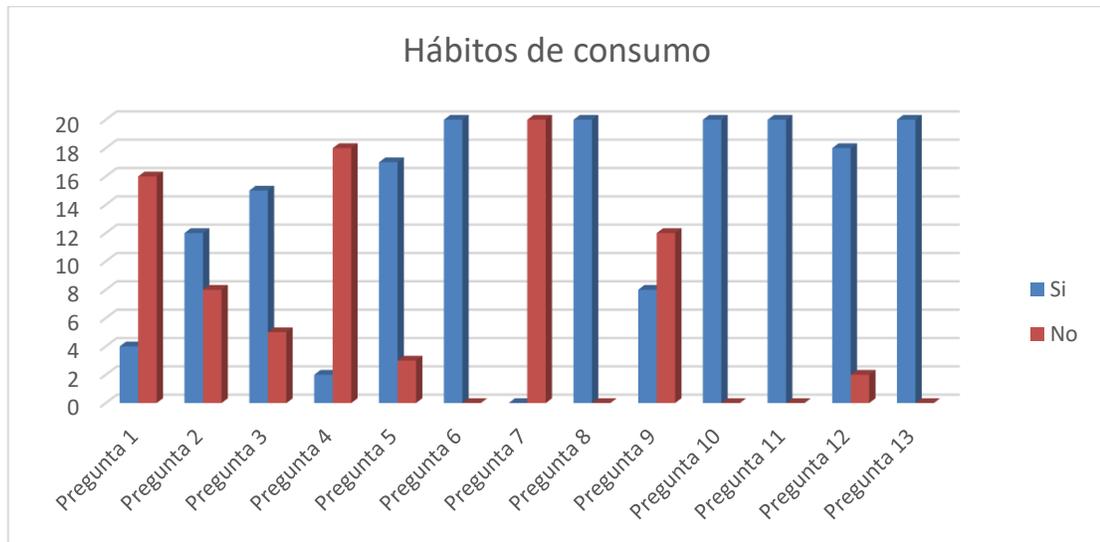
Hábitos de consumo en edificio Monja Blanca

No.	PREGUNTA	RESPUESTA			Observaciones ó Comentarios
		Sí	No	No Aplica	
1	¿Cuál es su horario de trabajo?	x	x	x	08:00 a 04:00
2	¿Acostumbra a dejar las luces encendidas cuando abandona una sala u oficina?	4	16		
3	¿Tiene activo el modo de ahorro de energía de los equipos de oficina que utiliza? (Monitor, Impresoras, Laptop, etc)	12	8		
4	¿Cuándo deja de usar la computadora por largo tiempo esta se queda encendida?	15	5		
5	¿Cuál es la temperatura del aire acondicionado que suele usar?	x	x	x	23°C , 18°C, depende el clima
6	¿Cuándo hace uso del aire acondicionado suele dejar puertas o ventanas abiertas?	2	18		
7	¿Desconecta los aparatos electrónicos y cargadores cuando ya no los esta usando ?	17	3		
8	¿Las impresiones las hace a doble cara y a color cuando es necesario?	20	0		
9	¿Suele dejar la llave del agua abierta cuando no sea necesario?	0	20		
10	¿Considera positivo algún plan de ahorro energético implementado en su lugar de trabajo? Cuál?	20	0		
11	¿Separa los residuos de basura para que puedan ser reciclados?	8	12		Muy pocos recipientes para reciclaje
12	¿Conoce las energías renovables, cual es su opinion de ellas ?	20	0		Muy importantes para el medio ambiente
13	¿Le parece positivo que el edificio Monja Blanca decida usar energías renovables para obtener energía?	20	0		
14	¿Considera que el agua potable es usada de forma correcta ?	18	2		
15	¿Estaría usted dispuesto a cambiar sus hábitos de consumo para reducir el gasto de energía en su lugar de trabajo?	20	0		

Fuete: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

- Resultados encuesta de hábitos de consumo en edificio Monja Blanca

Figura 15. **Resultados obtenidos de las encuestas**



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

La encuesta muestra que los trabajadores dentro del edificio tienen buenos hábitos de conservación de energía.

Por lo cual, con estas encuestas, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- La alta eficiencia energética del edificio se debe al estilo de vida generalmente saludable de los trabajadores.
- La gente cambiaría sus hábitos para reducir el uso actual de energía.
- La gente cree que la energía renovable ayuda al medio ambiente y reduce los costos de electricidad.
- La mayoría de los empleados no reciclan dentro del edificio.

6. ANÁLISIS DE CONSUMOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Al determinar los valores mínimos y máximos de los parámetros como: el voltaje, la corriente y los armónicos, es posible determinar el estado de los sistemas eléctricos. Esta información se utiliza para determinar si hay algún problema con el sistema eléctrico que deba solucionarse lo antes posible. Si no hay problemas, el siguiente paso es determinar si el sistema eléctrico causa algún inconveniente para el personal del edificio Monja Blanca. Si es así, se deben tomar medidas correctivas de inmediato.

Los siguientes parámetros han sido extraídos del Analizador de redes Fluke 430-II.

Se tomará en cuenta el valor permisible de regulación de tensión indicado en la norma NTSD de la CNEE en que establece que el valor permisible es una variación de voltaje $\leq 8\%$ para áreas urbanas y de $\leq 8\%$ para áreas rurales.

- Voltaje Línea 1 – Neutro

Tabla VIII. **Resumen medición de voltaje de línea 1 a neutro**

Voltaje L1-N			
Fecha	Hora	Voltios	Característica
		119.026	Promedio
26/02/2018	01:03:39 a.m.	121.96	Máximo
24/02/2018	08:32:39 p.m.	121.01	Mínimo

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

El voltaje referente entre la línea 1 y el neutro, posee un valor promedio de 119.026 V, un valor máximo de 121.96 V y un valor mínimo de 121.01, un valor que se mantiene estable y no posee variaciones grandes que puedan ocasionar daños a los equipos o instalación eléctrica, +/- 2% respecto al valor nominal de 120 V.

- Voltaje Línea 2 – Neutro

Tabla IX. **Resumen medición de voltaje de línea 2 a neutro**

Voltaje L2-N			
Fecha	Hora	Voltios	Característica
		120.77	Promedio
26/02/2018	01:03:39 a.m.	121.74	Máximo
24/02/2018	08:24:34 p.m.	120.54	Mínimo

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

El voltaje entre la línea 2 hacia el neutro obtuvo un valor promedio de 120.77 V, con un valor máximo de 121.74 V y un valor mínimo de 120.54 V, se observa que no tiene variación considerable a tomar en cuenta para un mantenimiento, reparación o redistribución de las cargas, así mismo presenta una variación de +/- 2 % respecto a los 120 V de voltaje nominal.

- Voltaje Línea 3 – Neutro

Tabla X. **Resumen medición de voltaje de línea 3 a neutro**

Voltaje L3-N			
Fecha	Hora	Voltios	Característica
		120.13	Promedio
26/02/2018	01:03:39 a.m.	121.96	Máximo
23/02/2018	12:05:39 p.m.	119.94	Mínimo

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

El voltaje de la línea 3 hacia el neutro obtuvo un valor promedio de 120.13 V, así mismo un valor máximo 121.96 V y un valor mínimo de 119.94 V, se observa la variación que posee es de +/- 2 % respecto a su valor nominal de 120 V, teniendo en cuenta los datos anteriores se observa que la línea 3 es la que posee mayor carga.

- Voltaje Neutro – Tierra

Tabla XI. **Resumen medición de voltaje entre neutro y tierra**

Voltaje Neutro - Tierra			
Fecha	Hora	Voltios	Característica
		0.55	Promedio
26/02/2018	01:05:39 p.m.	0.6	Máximo
26/02/2018	01:06:39 p.m.	0.53	Mínimo

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Sabiendo que la instalación en el edificio Monja Blanca es trifásica y su conexión es estrella – delta, se ha tomado en cuenta el valor promedio de 0.55 V, el valor máximo de 0.6 V y valor mínimo de 0.53 V, son valores considerables para un neutro en una instalación eléctrica pero esto se debe al desbalance de cargas que existe entre las 3 líneas de la conexión trifásica, y

como se mencionó anteriormente, la mayor carga que lleva la línea 3 respecto a las otras 2, esto se da por los tipos de equipos conectados a dicha línea son de mayor capacidad.

- Voltaje Línea 1 – Línea 2

Tabla XII. **Resumen medición de voltaje entre línea 1 y línea 2**

Voltaje L1 - L2			
Fecha	Hora	Voltios	
		209.9	Promedio
26/02/2018	01:03:39 a.m.	210.81	Máximo
24/02/2018	08:40:39 p.m.	208.82	Mínimo

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

El voltaje referente entre la línea 1 y línea 2 posee un valor promedio de 209.9 V, un valor máximo de 210.81 V y un valor mínimo de 208.82 V, la variación que presentan los voltajes es de +/- 3 % tomando en cuenta el valor nominal de este que es de 208 V.

- Voltaje Línea 2 – Línea 3

Tabla XIII. **Resumen medición de voltaje entre línea 2 y línea 3**

Voltaje L2-L3			
Fecha	Hora	Voltios	
		204.48	Promedio
26/02/2018	01:03:39 a.m.	210.33	Máximo
24/02/2018	08:32:39 p.m.	208.27	Mínimo

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

El voltaje de la línea 2 a línea 3 posee un valor promedio de 204.48 V, teniendo un valor máximo de 210.33 V y un valor mínimo de 208.27 V, el voltaje presente una variación de +/- 2% tomando en cuenta su valor nominal de 208 V, tomando en cuenta que la línea 3 es la que posee más carga, en este apartado se encuentra la máxima demanda de la instalación, la cual influye directamente en el desfase existente entre neutro y la tierra.

- Voltaje Línea 3 – Línea 1

Tabla XIV. **Resumen medición de voltaje entre línea 3 y línea 1**

Voltaje L3-L1			
Fecha	Hora	Voltios	
		208.61	Promedio
26/02/2018	01:03:39 a.m.	210.64	Máximo
24/02/2018	08:40:39 p.m.	208.36	Mínimo

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

El voltaje de línea 3 a línea 1 se mantiene con un valor promedio de 208.61 V, teniendo un valor máximo de 210.64 V y un valor mínimo de 208.36 V, teniendo en cuenta su valor nominal de 208 V teniendo una variación de +/- 2 %, la variación influye en la carga que posee la línea 3.

6.1. Análisis de corrientes

- Corriente Línea 1

Tabla XV. **Resumen medición de corriente en la línea 1**

Corriente Línea 1			
Fecha	Hora	Amperios	Característica
		259.9	Promedio
26/02/2018	01:10:39 p.m.	290.6	Máximo
26/02/2018	03:46:39 p.m.	229.2	Mínimo

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

El valor promedio de la corriente que pasa por la línea 1 es de 259.9 A, un valor máximo de 290.6 A dado a las 01:10:39 p.m. dándonos el momento exacto de la máxima demanda en esta línea y un valor mínimo de 229.2 A registrado a las 03:46:39 p.m. este horario baja considerablemente la demanda tomando en cuenta que muchos trabajadores salen a las 4:00 p.m., por lo cual, muchos equipos dejan de ser usados o apagados.

- Corriente Línea 2

Tabla XVI. **Resumen medición de corriente en la línea 2**

Corriente Línea 2			
Fecha	Hora	Amperios	Característica
		280.4	Promedio
26/02/2018	03:28:39p.m.	309.9	Máximo
27/02/2018	11:21:39 p.m.	251	Mínimo

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Se mantuvieron los valores en la línea 2 con 280.4 A, pero también presentó un máximo de 309.9 A y un mínimo de 251 A. A las 03:28:29 p.m. se registró la mayor demanda de carga en esta línea. A las 23:21:39 se registra la

menor demanda de carga en esta línea eléctrica. Fuera del horario comercial, mis valores se mantienen con 250 A en lugar de 280,4 A.

- Corriente Línea 3

Tabla XVII. **Resumen medición de corriente en la línea 3**

Corriente Línea 3			
Fecha	Hora	Amperios	Característica
		329.4	Promedio
20/02/2018	04:00:39 p.m.	445.8	Máximo
26/02/2018	03:20:39 p.m.	308.3	Mínimo

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Para el tiempo en el que se realizó la medición, la corriente promedio que circula es de 119.28 A, un valor máximo de 445.8 A registrado a las 04:00:39 p.m. este valor es el de mayor demanda en esta línea de alimentación, cabe mencionar que es la línea con mayor carga conectada, y el valor mínimo conectado a esta línea es de 308.3 A, dado a las 03:20:39 p.m., caso que puede darse por la hora en que sean apagados los equipos de climatización, lo cual reduce considerablemente el consumo de esta línea.

Es importante mencionar que esta línea de alimentación presenta la mayor carga de demanda conectada en contraste con las otras 2 líneas, la mayor carga que posee esta línea provoca un desfase entre el punto de conexión, entre neutro y tierra, respecto a su valor nominal que es de 0 A, una solución sería redistribuir las cargas para que no exista este desfase.

En los tableros del edificio Monja Blanca existe un desbalance en la conexión trifásica debido a los valores anteriores de cada fase son distintos, lo cual provoca una disminución de valores de voltaje y corriente.

6.2. Análisis de factor de potencia

A continuación, se mostrarán los valores medidos para el factor de potencia activa.

Tabla XVIII. **Resumen medición potencia activa**

Potencia Total Activa			
Fecha	Hora	Watts	Característica
		35,796.70	Promedio
20/02/2018	04:00:39 p.m.	104,100	Máximo
27/02/2018	03:29:39 p.m.	88,530	Mínimo

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Se encontró que la potencia promedio que se usa en Monja Blanca es de 35,796.7 Watts usando el analizador de red. Sin embargo, durante un momento pico de uso, el sistema eléctrico podría suministrar hasta 104.100 vatios. A las 3:29 a. m. vi que se usaban 88 530 vatios ya las 4:00 p. m. vi que se usaban 104 100 vatios.

6.3. Análisis de factor de potencia

A continuación, se mostrarán los valores medidos para el factor de potencia.

Tabla XIX. **Resumen medición factor de potencia**

Factor de Potencia			
Fecha	Hora	Watts	Característica
		0.93	Promedio
20/02/2018	04:34:39 p.m.	0.94	Máximo
24/02/2018	05:40:39 p.m.	0.91	Mínimo

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

El análisis del edificio Monja Blanca incluye la medida del factor de potencia; esta medida se mantuvo constante en 93 %. Medí un valor máximo de 94 a las 4:34 pm y un valor mínimo de 91 a las 5:40 am. Estos resultados tienen sentido porque ocurren durante las horas de trabajo. Además, se registró un resultado diferente a las 05:40 a. m., esta vez la medición del factor de potencia fue inferior a 90. Esto se debe a que la medición se produce durante las horas no laborales, cuando las cargas de electricidad están inactivas.

- **Análisis de Armónicos**

En esta parte del capítulo se analizarán los valores de armónicos que presenta la instalación eléctrica del edificio Monja Blanca, específicamente se tomará en cuenta el THD (*Total Harmonics Distorsion*), en español sería: la distorsión total armónica, y es una medida de cuando cambia o se distorsiona una onda ya sea de voltaje o corriente.

La distorsión armónica total mide los armónicos o la distorsión no deseados en la salida, esta se calcula aplicando una entrada de señal de frecuencia y amplitud conocida, se suma la potencia de salida de todos los armónicos o basta con los primeros 10, se divide la suma entre la potencia de

salida de la frecuencia fundamental, el resultado casi siempre se expresa en porcentajes o en algunas ocasiones en decibelios.

A continuación, se mostrarán los valores de THD extraídos del edificio Monja Blanca.

- THD Voltajes

La frecuencia de 60 hercios (Hz) es el armónico básico de cualquier voltaje dado. Un voltaje sinusoidal con una amplitud que coincide con un múltiplo entero de 60 HZ es un voltaje armónico. Las normas internacionales (IEEE–STANDARD– 519–1992) especifica valores máximos del THD de tensión, para tensiones inferiores a 69 kV este valor debe ser máximo de 8 % de la frecuencia fundamental.

- THD Voltaje Línea 1 – Neutro

Tabla XX. **Resumen medición THD de voltaje de línea 1 a neutro**

THDV L1 - N			
Fecha	Hora	THD	Característica
		3.3576	Promedio
22/02/2018	01:02:39 p.m.	6.46	Máximo
23/02/2018	06:31:39 p.m.	2.05	Mínimo

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Para el porcentaje de THD de voltaje presentados en la línea 1 se obtuvo un valor promedio de 3.3576 %, un valor máximo de 6.46 % dado a las 01:02:39 p.m. el cual se presenta en horario laboral, y un valor mínimo de 2.05 % a las 06:31:39 p.m. en el cual tiene significado ya que se presenta en

horario no laboral dentro del edificio Monja Blanca, se puede observar que, para el valor máximo admisible, por lo cual se debe buscar algún equipo de atenuación de armónicos.

- THD Voltaje Línea 2 –Neutro

Tabla XXI. **Resumen medición THD de voltaje de línea 2 a neutro**

THD V L2 - N			
Fecha	Hora	THD	
		3.84676	Promedio
26/02/2018	12:06:39 a.m.	6.49	Máximo
25/02/2018	06:18:39 a.m.	2.12	Mínimo

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Para los valores de la línea 2 se presenta un valor máximo de 6.49 % dado a las 12:06:39 p.m., un valor mínimo de 2.12 % dado a las 06:18:39 a.m., así mismo presentó un valor promedio de THD de 3.84676 %, también sobrepasa el límite máximo admisible.

- THD Voltaje Línea 3 – Neutro

Tabla XXII. **Resumen medición de voltaje de línea 3 a neutro**

THD V L3 - N			
Fecha	Hora	THD	
		3.7139	Promedio
25/02/2018	10:00:39	6.65	Máximo
25/02/2018	06:31:39 a.m.	2.1	Mínimo

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

En la línea 3 el THD se presenta un valor máximo de 6.65 % dado a las 10:00:39 a.m., un valor mínimo de 2.1 % dado a las 06:31:39 a.m. y un valor promedio de 3.7139 %.

- THD Voltaje Neutro – Tierra

Tabla XXIII. **Resumen medición de línea neutro a tierra**

THD V NG			
Fecha	Hora	THD	
		310.035	Promedio
20/02/2018	03:30:39 p.m.	327.67	Máximo
27/02/2018	06:33:39 p.m.	146.8	Mínimo

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Para la corriente en el neutro de se presentan los valores más altos de THD de voltaje, debido a que neutro es el punto de retorno de las 3 líneas en conjunto teniendo un valor máximo de 327.67 % dado a las 03:30:39 p.m., un valor mínimo de 146.8 % presentado a las 06:33:39 p.m. y manteniendo un valor medio de 310.03 %.

De estas medidas, cabe mencionar, que ninguna incumple con la norma IEEE 519, ya que el mayor THD de voltaje localizado en de 5.92 %.

- THD Corrientes

Para el análisis de los valores de THD de corriente se usarán los siguientes parámetros:

- THD < 10 %: situación normal, no existe riesgo de mal funcionamiento
 - THD del 10 al 50 %: Contaminación armónica alta, puede provocar altas temperaturas y sobredimensionamiento de componentes.
 - THD > 50 %: contaminación armónica bastante alta, probabilidad de mal funcionamiento, se necesita análisis exhaustivo e instalación de equipos de atenuación de
- THD Corriente Línea 1

Tabla XXIV. **Resumen Medición THD de corriente de línea 1**

THD Línea 1			
Fecha	Hora	THD	Característica
		29.588	Promedio
26/02/2018	03:46:39 p.m.	51.4	Máximo
25/02/2018	07:03:39 a.m.	10.1	Mínimo

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Para los valores de THD presentados en la línea 1 se tiene un valor máximo de 51.4 % presentado a las 03:46:39 p.m., un valor mínimo de 10.1 % dado a las 07:03:39 a.m. y un valor promedio de 29.589 %, aquí se presenta contaminación armónica que puede provocar un posible calentamiento en los conductores y daños a los equipos del edificio.

- THD Corriente Línea 2

Tabla XXV. **Resumen medición THD corriente de línea 2**

THD Línea 2			
Fecha	Hora	THD	Característica
		22.1864	Promedio
25/02/2018	08:40:39 p.m.	54.49	Máximo
25/02/2018	10:00:39	7.83	Mínimo

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

En esta línea de presenta un THD máximo de 54.49 % dado a las 08:40:39 p.m., un valor mínimo de 7.83 % dado a las 10:00:39 a.m. y un valor promedio de 22.1864 %, al igual que los valores de THD de voltaje en corriente también se presentan un sobrepaso del límite admisible, por lo cual son necesarios los dispositivos de atenuación de armónicos.

- THD Corriente Línea 3

Tabla XXVI. **Resumen medición de corriente de línea 3**

THD Línea 3			
Fecha	Hora	THD	Característica
		23.2289	Promedio
24/02/2018	02:47:39 p.m.	49.49	Máximo
20/02/2018	04:00:39 p.m.	9.38	Mínimo

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

En la línea 3 se presenta un valor máximo de 49.49 % presentado a las 02:47:39 p.m., un valor mínimo de 9.38 % dado a las 04:00:39 p.m. y un valor promedio de 23.2289 %, la electricidad que corre a través del cableado del edificio puede sobrecalentarse si existe contaminación armónica en esta línea.

- THD Corriente Neutro

Tabla XXVII. **Resumen medición de línea neutro**

THD Neutro			
Fecha	Hora	THD	Característica
		8.05042	Promedio
24/02/2018	02:47:39 p.m.	49.49	Máximo
20/02/2018	04:00:39 p.m.	9.38	Mínimo

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Para los valores del neutro se obtuvo un valor promedio de 8.0542 %, un valor máximo de 49.49 % presentado a las 02:47:39 p.m. y un valor mínimo de 9.38 % presentado a las 04:00:39 p.m.

- Análisis Termográfico de las instalaciones eléctricas

Para este capítulo, se tomará en cuenta la información acerca de nuestra visión, ya que nuestra vista está diseñada para poder detectar luz visible o también llamada radiación visible; el ojo humano únicamente es capaz de ver una pequeña parte del espectro electromagnético.

Las radiaciones infrarrojas, tienen como fuente principal el calor o la radiación térmica, hay que tener en cuenta que cualquier objeto que tenga una temperatura superior a la del cero absoluto emite una radiación de infrarrojo.

Teniendo esto en cuenta es importante definir qué es termografía, esta es una tecnología en la cual no hay necesidad de contacto, esta se basa en medida de longitudes de onda infrarrojas usadas para determinar temperaturas. Una cámara es capaz de brindar una imagen que posee distintos colores, los cuales

representan las diferentes temperaturas, que sirven para identificar los puntos calientes o aumentos de temperatura en instalaciones eléctricas y motores, que puedan indicar un fallo inminente.

La termografía es bastante utilizada para programas de mantenimiento predictivo en instalaciones eléctricas o mecánicas, tratando de minimizar el riesgo de fallo en los equipos, obteniendo varias ventajas, como:

- Se evita la necesidad de contacto con el equipo a inspeccionar.
- Se encuentra los puntos calientes con más exactitud.
- Optimización en el tiempo de reparación debido a la exactitud del punto de falla.
- Mejoramiento al mantenimiento predictivo al ser capaz de encontrar el fallo antes de que este se produzca.

Para la inspección y análisis termográfico del edificio Monja Blanca se llevó a cabo análisis con cámara termográfica en los tableros de cada nivel, ya sean principales o secundarios.

Se usará de referencia la norma NETA (1995) para apoyo en el análisis de los resultados, tomando lo siguiente parámetros:

“10 a 20 °C Posible deficiencia

11 a 20 °C Probable deficiencia, revisarlo antes posible

21 a 40 °C Deficiencia, reparar lo antes posible

40 °C en adelante Daño mayor reparar inmediatamente” (p. 120).

A continuación, se mostrarán las imágenes tomadas con la cámara termografica en los tableros de distribución del edificio Monja Blanca.

- Tablero Barra Principal

Figura 16. Interruptor principal **MAGA**



Temperatura: 29.9 °C

TMax: 38.8°C

Tmin:20.7°C

Fuente: [Fotografía de Álvaro Martínez]. (Guatemala, Guatemala, 2019). Colección particular.
Guatemala.

En esta imagen se aprecia el *breaker* principal de 400 A, en el cual podemos observar que los puntos más calientes son las 3 fases que entran de la acometida principal, por lo cual, por el nivel de carga que estos poseen es normal que tenga una alta temperatura, también es importante y necesario mencionar que en las 3 fases que se muestran no existe una diferencia mayor a 15 °C, ya que, según las especificaciones de la NETA (International Electrical Testing Association), al existir esta diferencia de temperaturas se deben realizar reparaciones de forma inmediata; esto quiere decir que una vez sea detectada una conexión con alta temperatura, éstas deberán desmontarse, limpiarse, repararse y volverlas a instalar.

Figura 17. **Entrada de interruptor principal MAGA**



Temperatura: 33.5 °C

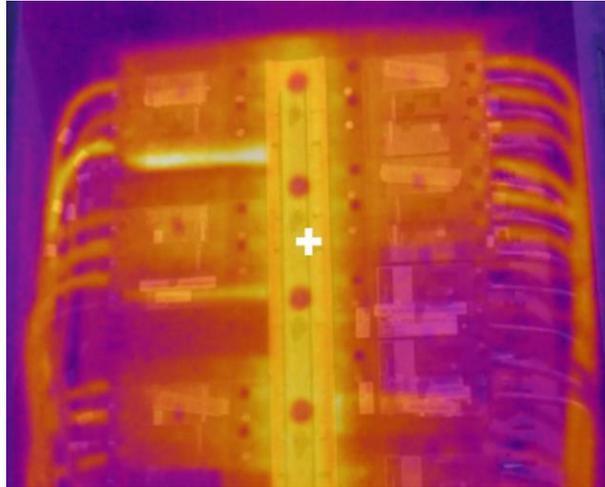
TMax: 40.9 °C

Tmin: 22.2 °C

Fuente: [Fotografía de Álvaro Martínez]. (Guatemala, Guatemala, 2019). Colección particular.
Guatemala.

En esta foto del mismo *breaker* principal del edificio se aprecia la barra que alimenta todos los interruptores principales del edificio, en el cual no se nota algún punto excesivamente más caliente que el resto por lo cual se puede determinar que no tiene sobrecargas, corrosión, conexiones flojas, entre otros.

Figura 18. **Tablero principal MAGA**



Temperatura 30.6 °C

TMax: 32.5 °C

Tmin: 22.9 °C

Fuente: [Fotografía de Álvaro Martínez]. (Guatemala, Guatemala, 2019). Colección particular.
Guatemala.

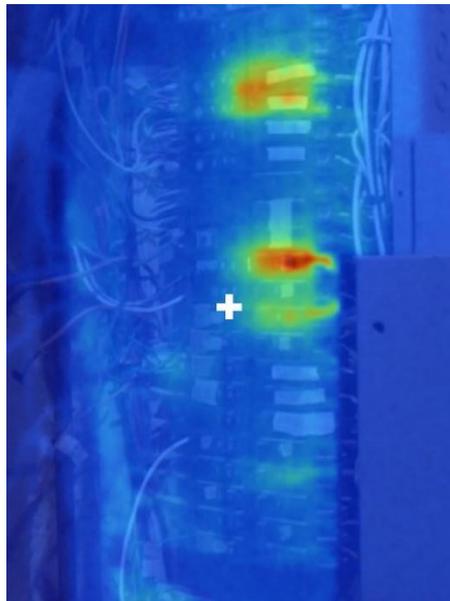
En esta imagen también se pueden observar los *breakers* que van hacia los tableros de cada nivel del edificio, en los cuales los 4 que van en los tableros principales de cada nivel, los cuales son de 125 A, cada uno representan un nivel calorífico mayor, junto con el *breaker* del sistema de transferencia automática que es de 150 A, por lo cual este sistema eléctrico no representa corrosión, conexiones flojas y sobrecalentamientos, los otros *breakers* que se pueden ver en la imagen son de la bomba de agua, y unos sistemas de airea acondicionados que están conectados a la misma barra pero no poseen tanta carga eléctrica como los *breakers* principales.

Al describir por qué los paneles de transferencia automática son importantes, es importante tener en cuenta que se utilizan para encender los

generadores cuando hay un corte de energía. Actualmente, los paneles de transferencia automática se utilizan para detener automáticamente los generadores cuando se restablece el suministro eléctrico. Este sistema se denomina transferencia automática porque no es necesaria la intervención humana.

- Tablero primer nivel

Figura 19. **Tablero principal primer nivel**



Temperatura 23.8 °C

TMax: 37.2 °C

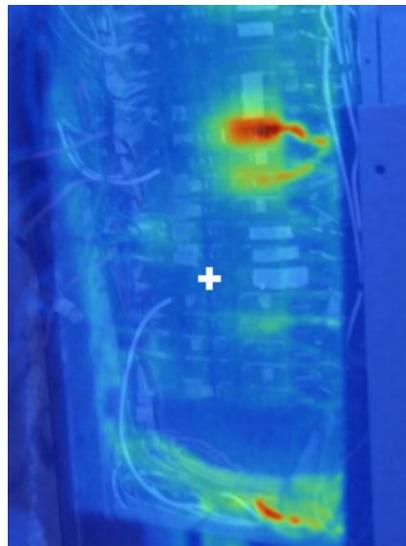
Tmin: 17.4°C

Fuente: [Fotografía de Álvaro Martínez]. (Guatemala, Guatemala, 2019). Colección particular.
Guatemala.

En esta imagen se observa el tablero que alimenta al primer nivel, en el cual se puede observar 3 puntos calientes, correspondientes a 4 *breakers*, estos

son para alimentar 4 distintos equipos de climatización o aire acondicionado, al estar conectado a estos equipos, lo primero que hay que destacar, que pueden representar más calor debido a que como son equipos llamados *mini-split*, los cuales son instalados en el interior con su respectivo compresor fuera del edificio; una observación es que al instante en que fue capturada la imagen el compresor haya estado funcionando en su máximo potencia, y se sobrecalentó la conexión eléctrica, otro factor es debido a la antigüedad de los equipos de climatización ya que, como cualquier equipo, con el tiempo su eficiencia va disminuyendo, pero en este tablero se recomienda limpieza de contactos, para evitar corrosión, y verificación si el amperaje es el indicado para el equipo de climatización conectado al mismo.

Figura 20. **Tablero principal primer nivel 2**



Temperatura 22.5 °C

TMax: 36.9 °C

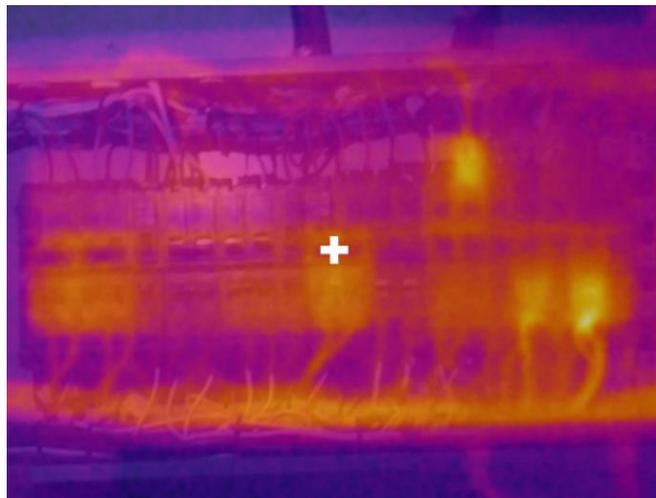
Tmin: 18.5 °C

Fuente: [Fotografía de Álvaro Martínez]. (Guatemala, Guatemala, 2019). Colección particular.
Guatemala.

Esta imagen proviene de un ángulo diferente. Revela un cable horizontal con un calor extremo en su parte inferior debido al desgaste del aislamiento y las uniones. La mejor recomendación es reemplazar el cableado si reemplazar el cable es demasiado costoso. Si lo hace, reemplace los cables desgastados con las mismas especificaciones con dos cables idénticos.

- Tablero Segundo Nivel

Figura 21. **Tablero principal segundo nivel**



Temperatura 26.7 °C

TMax: 32.4 °C

Tmin: 22 °C

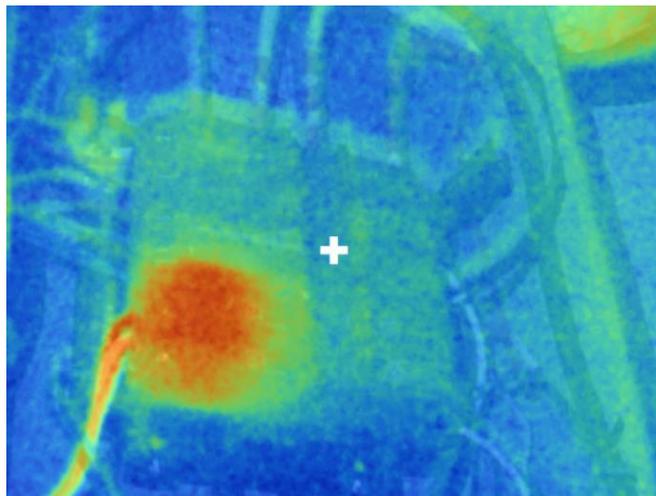
Fuente: [Fotografía de Álvaro Martínez]. (Guatemala, Guatemala, 2019). Colección particular.
Guatemala.

En este tablero se presentan más *breakers* con elevación de temperatura bastante notable, cabe mencionar que aquí se encuentran más equipos de climatización, o aire acondicionado, en su totalidad son de tipo *mini-split*, se presenta la elevación de temperatura debido al funcionamiento del compresor,

falta de mantenimiento; y debido a que debido a la mala conexión ya sea por un mal empalme o un conductor demasiado apretado provoca un aumento en la resistencia óhmica de los equipos eléctricos que se ve reflejado en el aumento de temperatura de los *breakers* y conductores.

- Tablero Secundario Segundo Nivel

Figura 22. **Tablero secundario segundo nivel**



Temperatura 22.1 °C

TMax: 24.6 °C

Tmin: 20.9 °C

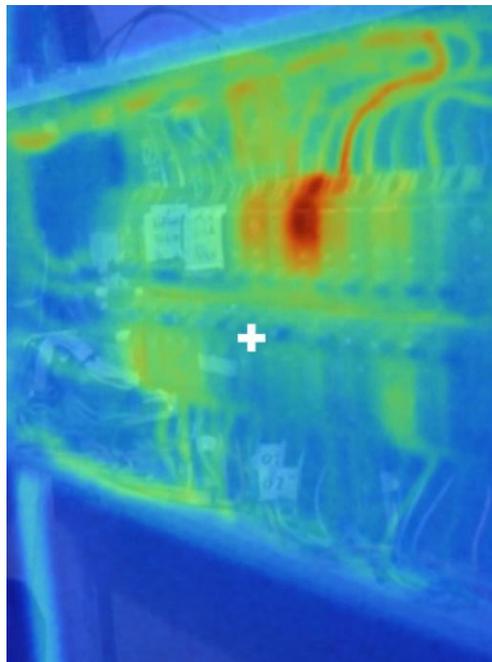
Fuente: [Fotografía de Álvaro Martínez]. (Guatemala, Guatemala, 2019). Colección particular.
Guatemala.

En este tablero secundario podemos notar un *breaker* con elevación de temperatura, por la inspección realizada se pudo notar que es el conductor que sale del mismo, el cual no estaba debidamente conectado al *breaker*, lo que causa un calentamiento debido a malos contactos, que se mencionó que aumenta la resistencia eléctrica del conductor, este al no estar debidamente

ajustado produce una disminución de la superficie de contacto o reducción del elemento conductor, un aumento de resistencia eléctrica en la conexión.

- Tablero Tercer Nivel

Figura 23. **Tablero principal tercer nivel**



Temperatura 27.8 °C

TMax: 37.1 °C

Tmin: 22.7 °C

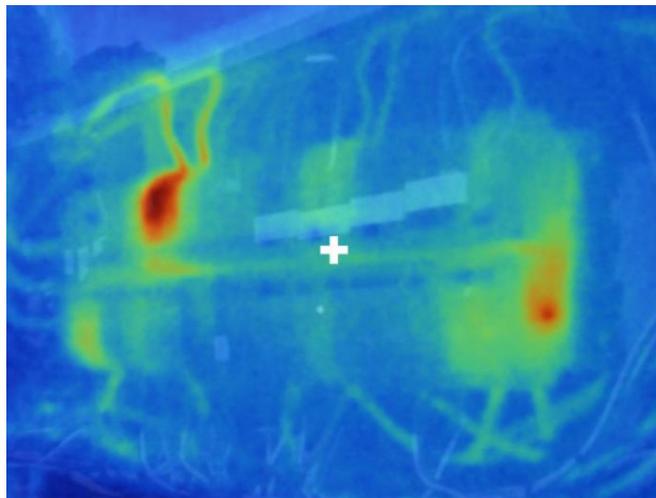
Fuente: [Fotografía de Álvaro Martínez]. (Guatemala, Guatemala, 2019). Colección particular.
Guatemala.

En el tablero del tercer nivel a continuación, se puede hacer una observación que se exhibe en los tableros anteriores. Los interruptores del equipo de aire acondicionado tienen un aumento de temperatura constantemente alto. La razón por la que esto sucede es porque el aumento constante de la

temperatura no se diagnostica. Es necesario verificar qué tipo de interruptor está instalado para el amperaje del equipo de aire acondicionado. Esto se debe a que las bobinas de los equipos de aire acondicionado pueden obstruirse. Esto ralentizará el equipo y hará que se caliente más en cada área, asegurando que se alcance la temperatura deseada en cada área.

- Tablero cuarto Nivel

Figura 24. **Tablero principal segundo nivel**



Temperatura 27.4 °C

TMax: 34.7 °C

Tmin: 22.7 °C

Fuente: [Fotografía de Álvaro Martínez]. (Guatemala, Guatemala, 2019). Colección particular.
Guatemala.

En este último tablero perteneciente a la distribución de cargas en el cuarto nivel del edificio se pueden observar 3 puntos con elevación anormal de temperatura, el del fondo es un *breaker* con sobrecarga, se debe verificar si el calibre instalado es el indicado para soportar el equipo conectado, verificar las

conexiones, si tiene corrosión o si a un equipo que posee alto grado de capacitancia o inductancia, que pueden resultar en componentes armónicos que pueden generar calentamientos, que puede derivar en envejecimiento de aislamiento, en el *breaker* que se ve a la derecha se destacan malos contactos entre el interruptor o *breaker* y los conductores, lo que produce una pequeña elevación de temperatura en dicho punto.

A la luz de estos hallazgos, siga estas recomendaciones para mantener los sistemas eléctricos del edificio.

- Apretar de manera correcta y verificar cada uno de los contactos, ya sea de interruptores, barras, conductores para eliminar falsos contactos o posibles retornos de corrientes.
- Limpieza de contactos de todos los tableros, esto para alargar la vida de los componentes eléctricos y eliminar y evitar que estos tengan corrosión.
- Debe ajustar los interruptores eléctricos para que se ajusten correctamente a cualquier equipo de aire acondicionado al que sirvan.
- Realizar un mantenimiento predictivo cada 3 o 6 meses con inspecciones termografías, para determinar posibles fallos y sobrecargas de los equipos instalados en los tableros y sobre todo los equipos usados en el edificio.
- Mantener libre los espacios en donde están instalados los tableros de cada nivel, ya que se determinó que en varios lugares eran usados como bodegas, esto aumento el riesgo de corrosión, y entorpece las reparaciones debido al poco espacio en el lugar.

- Realizar una redistribución de tableros, ya que se pudo percatar que están ocupados en su capacidad máxima de *breakers* o interruptores, esto ocasiona problemas de calentamiento en los mismos.

7. ADECUACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS

En la actualidad, uno de los recursos renovables más utilizados para obtener energía eléctrica es la radiación solar, ya que ésta puede ser captada fácilmente mediante paneles con celdas fotovoltaicas, para el caso del edificio Monja Blanca se realizó un cálculo de instalación de paneles solares, lo cuales logren suministrar el 25 % del consumo energético total, que equivalen a 288.40 Kwh/día.

- Detalles de la instalación solar fotovoltaica:
 - Ubicación 7^a Avenida 12-90 zona 13, Guatemala
 - Coordenadas 14.58917, -90.532638
 - Inclinación 13° Sur
 - Voltaje 120 V

- Rendimiento

Tabla XXVIII. **Rendimiento parcial y total de los paneles solares**

Coeficiente de pérdidas en baterías	5 %
Coeficiente de autodescarga de baterías	0.5 %
Profundidad de descarga en batería	60 %
Coeficiente de pérdidas en conversión DC/AC	5 %
Coeficiente de pérdidas de cableado	5 %
Autonomía del sistema	3 d
Rendimiento general	82.88 %

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Energía real diaria necesaria: 347.97 Kwh/dia

Los consumos mensuales de la instalación se pueden consultar a lo largo de todo el año.

Tabla XXIX. **Demanda de energía real diaria en edificio monja blanca**

	Ene	Feb	Mar	Abl	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
% mes	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Consumos (W)	347976	347976	347976	347976	347976	347976	347976	347976	347976	347976	347976	347976

Fuente: Calculationsolar.com. (2019). *% de consumo por meses*. Consultado: 18 de agosto de 2019. Recuperado de <https://calculationsolar.com/es/calcular.php>.

Para medir la efectividad de los paneles, se deben considerar las cifras diarias de radiación solar. Esto conduce a una tabla de resultados para la cantidad instalada de cada panel.

Figura 25. **Radiación solar diaria**

Month	Air temperature	Relative humidity	Daily solar radiation - horizontal	Atmospheric pressure	Wind speed
	°C	%	kWh/m ² /d	kPa	m/s
January	21.3	64.0%	5.18	93.2	4.4
February	22.6	59.5%	5.73	93.1	4.2
March	23.8	57.1%	6.02	93.0	3.8
April	24.6	61.2%	6.05	93.0	3.5
May	23.9	73.0%	5.48	92.9	3.1
June	23.2	80.1%	5.16	93.0	3.0
July	23.1	76.0%	5.45	93.1	3.3
August	23.2	76.3%	5.34	93.0	3.2
September	22.7	80.4%	4.73	93.0	2.8
October	22.3	78.0%	4.76	93.0	3.5
November	21.9	71.3%	4.90	93.1	3.8

Continuación de la figura 25.

December	21.3	67.7%	4.95	93.2	4.2
Annual	22.8	70.4%	5.31	93.0	3.6
Measured at (m)					10.0

Fuente: Calculationsolar.com. (2019). *% de consumo por meses*. Consultado: 18 de agosto de 2019. Recuperado de <https://calculationsolar.com/es/calcular.php>.

Para el cálculo del ángulo del panel se tienen en cuenta las variaciones de temperatura media mensual y regular del edificio Monja Blanca. Además, la inclinación y la posición del edificio se tienen en cuenta en la ecuación. Como resultado, los paneles alcanzan la posición HSP o hora solar alta.

- Septiembre se da como el mes más favorable en términos de radiación solar.
- Las HSP más favorables cuantificadas por mes es de 184.45 en el mes de marzo.
- Las HSP más favorables cuantificadas por día es de 5.99 y se da en el mes de abril.
- Inclinación óptima anual es de 13.77° Sur.
- Energía real generada por los módulos es de 347.97 Kwh/día.
- Potencia pico de los módulos calculada 84,247 Wp.

7.1. Parámetros eléctricos y selección de módulos

Para reducir el consumo energético en un 25 % es necesario instalar 182 paneles en 2 conjuntos de 364 módulos en el edificio de Monja Blanca. Estas configuraciones se muestran en la siguiente tabla.

Tabla XXX. **Características técnicas de paneles marca LUXOR**

LUXOR Eco line 60/230 W Policristalino			
Voltaje a circuito abierto (voc):	37 V	Voltaje a potencia máxima (vmp):	29.8 V
Corriente de cortocircuito (isc):	8.22 A	Corriente a potencia máxima (imp):	7.73 A
Potencia máxima:	230 W	Coeficiente de temperatura de Pmax:	-0.45 %/°C
Potencia real a Temperatura media max :	230.8685 Wp	Nº de módulos serie:	2
Potencia pico módulos total :	83720 Wp	Nº de series paralelo:	182
Optimización instalación/necesidades mes mas desfavorable :	0.99	Total modulos :	364
El grado de optimización elección equipo/necesidades reales es de			99 %

Fuente: LUXOR. (2019). *ECO LINE 60/230 – 245 W*.

Usando los paneles policristalinos de la marca LUXOR Eco Lina, esta tabla proporciona los cálculos equivalentes a 230 vatios.

El siguiente equipo por seleccionar es el regulador en el cual se tomarán en cuenta los valores del sistema referentes a la tensión, así como lo parámetros de los módulos fotovoltaicos. A continuación, se mostrarán los valores nominales que usarán para la selección:

- Tensión del sistema: 48V
- Tensión módulos circuito abierto: 37 V
- Tensión módulos máxima potencia: 29.8 V
- Corriente de cortocircuito módulo: 8.22 A
- Corriente a potencia máxima módulo 7.73 A
- El módulo descarga 8,2 julios de corriente a través de un cortocircuito.
- La corriente en su máxima potencia es de 7,73 A.
- Total, de módulos a instalar: 364

- Intensidad total sistema: 1496 A

Por lo cual, el equipo seleccionado es el regulador de marca STECA TAROM 440-48 PWM.

Tabla XXXI. **Características técnicas de regulador de tensión marca STECA**

STECA TAROM 440-48 PWM			
Tensión:	48 V	Voltaje máximo:	90 V
Potencia nominal:	0 Wp	Consumo propio:	14 mA
Capacidad de carga:	40 A	Ratio aprovechamiento :	0.9
El grado de optimización elección equipo/necesidades reales es de		96 % N° Reguladores :	36

Fuente: LUXOR. (2019). *Steca Tarom 440-48 PWM*.

El siguiente equipo por calcular será el inversor – cargador para ello se han utilizado los siguientes valores del sistema tomando en cuenta con un inversor VICTRON MULTIPLUS 48 como referencia:

- Tensión del sistema DC: 48 V
- Tensión de salida AC: 110 V
- Potencia máxima: 2197 W
- Coeficiente de simultaneidad: 0.7
- Potencia mínima necesaria: 1538 W
- Factor de seguridad: 0.8
- Potencia de cálculo: 1922 W

Tabla XXXII. **Características técnicas de inversor – cargador marca VICTRON**

VICTRON MULTIPLUS 48/3000/35-16			
Tensión:	48 V	Potencia nominal:	3000 W
Potencia continua:	2500 W	Potencia instantanea:	6000 W
Consumo en vacio :	16 W	Eficiencia :	95 %
Ratio aprovechamiento :	77 %	Nº inversores :	1
El grado de optimización elección equipo/necesidades reales es de			130 %

Fuente: LUXOR. (2019). *Victron Multiplus 48/3000/35-16*.

Teniendo todos estos equipos calculados, se tiene como resultado para el sistema de paneles fotovoltaicos en el edificio Monja Blanca, lo siguiente:

Tabla XXXIII. **Resumen de elementos para el sistema solar fotovoltaico del MAGA**

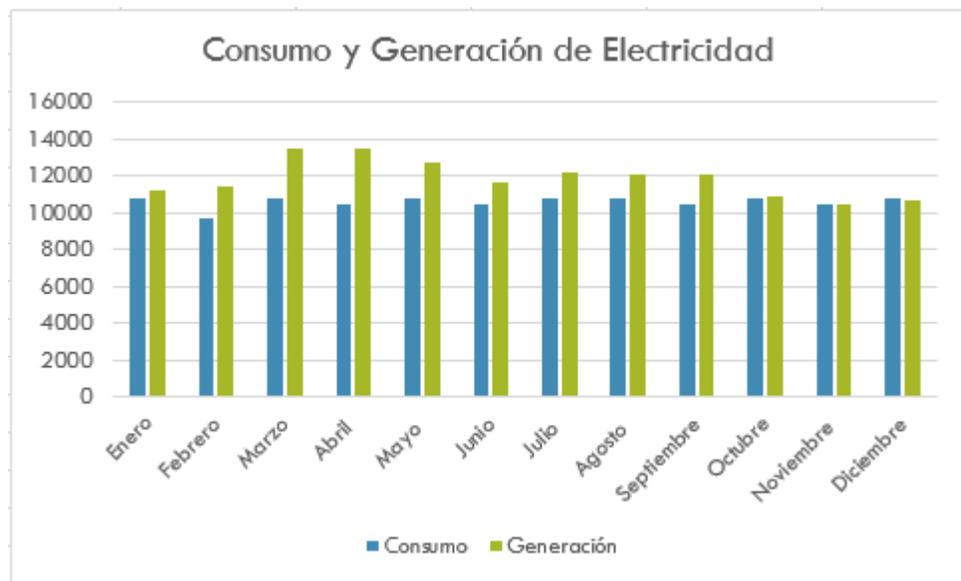
Unidades	Elementos
364	Módulo tipo - LUXOR Eco line 60/230 W Policristalino
36	Regulador tipo - STECA TAROM 440-48 PWM
24	Batería tipo - ABSOLYTE GP 1-100G99 FLAT PLATE
1	Inversor tipo - VICTRON MULTIPLUS 48/3000/35-16

Fuente: Calculationsolar.com. (2019). *% de consumo por meses*. Consultado: 18 de agosto de 2019. Recuperado de <https://calculationsolar.com/es/calcular.php>.

Teniendo en cuenta los componentes anteriores y los consumos indicados, se puede obtener la siguiente tabla de consumos y producción que se estima a lo largo del año:

Esto significa que el edificio Monja Blanca, perteneciente al Ministerio de Agricultura y Ganadería obtendrá a un consumo total al año de 127,008 Kwh, una producción total al año de 142,059 Kwh teniendo un ahorro de 112,803 Kwh al año reflejando un ahorro económico de Q.88,651.76; así mismo se evitarán alrededor de 76996 kg de CO2 en el ambiente, tema que se tratará en el capítulo 11.

Figura 26. **Grafica comparativa entre consumos y generación de energía eléctrica**



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

8. MEDIDAS DE EFICIENCIA Y AHORRO ENERGÉTICO

Para obtener un resultado para el ahorro y eficiencia energética, a continuación, se presentan una serie de medidas que pueden ser adecuados al edificio Monja Blanca.

8.1. Climatización y aire acondicionado

El edificio Monja Blanca destina más del 15 % de su presupuesto eléctrico a los sistemas de climatización. Esto se debe a la gran cantidad de equipos que se encuentran en las diferentes salas de trabajo de la estructura. Debido a esto, es importante fomentar el uso de estas sugerencias de eficiencia en la unidad de aire acondicionado de cada habitación.

Medidas de mejora:

- Actualmente se regulan dispositivos que reaccionan a la fluctuación de la temperatura exterior o las necesidades del usuario, como los termostatos programables o los sensores de control de temperatura.
- Inspección y reemplazo de equipos antiguos u obsoletos por equipos nuevos o más eficiente, como se verá en capítulo 12 del presente trabajo; en dado caso no fuera posible el cambio de equipos se proponen las siguientes medidas complementarias o auxiliares para el ahorro de este.

- Aprovechar en todo momento la ventilación natural mediante ventanas en las oficinas que tengan acceso a ellas, puertas corredoras para evitar el consumo excesivo de equipos de aire acondicionado.
- Realizar mantenimientos preventivos y predictivos periódicamente para reducir las posibles fallas o averías del sistema, poder obtener una mayor eficiencia y tiempo de vida de los equipos.
- Constante verificación de los sellos de aislamiento (empaques) de la ventanas y puertas donde están instalados equipos de climatización.
- El edificio tiene un alto consumo de electricidad debido a que los compresores están instalados alrededor de la fachada del edificio, lo cual provoca recalentamiento en el exterior del edificio, para ello se recomendó utilizar la ventilación cruzada.
- Uso de ventiladores convencionales, a pesar de ser equipo resistivo, su consumo es relativamente bajo y proporcionan un excelente confort con el simple movimiento del aire en las áreas de trabajo.
- Instalación y utilización de persianas o filtros solares en las ventanas del edificio, esto con el motivo de reducir la radiación solar dentro de las áreas de trabajo.
- Verificar que los equipos a instalar o instalados tengan incorporado el sistema *inverter*, el cual está diseñado para disminuir los picos de consumo, especialmente en los arranques del aire acondicionado, con esto se genera un gasto constante.

- Al instalar estos equipos, ya sea las unidades interiores o exteriores, es importante verificar que cumplan las separaciones correctas entre las mismas, las paredes y el suelo, ya que estos son equipos con circuitos de circulación de aire; la separación entre el *Split* y el techo deben de ser al menos 10 cm y 1.8 m desde el suelo, el compresor o unidad exterior nunca debe ir colocado en el suelo, debe poseer altura por mínima que sea, debe estar en un lugar ventilado bien sujeto, de no cumplir con esto podemos llegar a anular directamente la función de refrigeración y tener un consumo por gusto en el edificio.
- Configurar los equipos a una temperatura ambiente ideal, la cual no difiera a 12 °C del interior con el exterior, debe tomarse en cuenta que existirá un aumento de 8 % de consumo por cada grado de diferencia de esta temperatura.
- Mantener los filtros del equipo limpios de forma periódica, para que funcione en condiciones adecuadas.
- Cerrar puertas, ventanas o cualquier abertura que tenga el área de trabajo para evitar pérdidas.
- Instalar el equipo evitando la radiación solar directa, si esto ocurre puede dañarlo, por lo que se verá reflejado en una disminución de la eficiencia del equipo.
- Al momento de adquirir equipo verificar que estos sean de alta calidad, ya que estos tienen una etiqueta con la letra A en conjunto con un signo “+” con color verde, teniendo esto nos aseguramos que sea un equipo altamente eficiente en términos de consumo de electricidad.

8.2. Iluminación

Teniendo en cuenta que la iluminación es uno de los factores de mayor consumo dentro de la instalación del edificio Monja Blanca, el cual aporta el 14.61 %, para lo cual es importante tomar en cuenta medidas para reducir el consumo total de las mismas, para poder observar cambios significativos en el costo y utilización del recurso lumínico dentro del edificio, cabe mencionar que la iluminación aporta cantidad de carga térmica en los lugares de trabajo, resultando así en equipos de climatización de mayor potencia, y consumo de electricidad.

- Medidas de mejora:

A continuación, se detalla algunas medidas a tomar para el aprovechamiento eficiente del recurso lumínico del edificio.

- Es importante debido a la infraestructura del edificio, el cual posee ventanas en los lados laterales, es necesario el aprovechamiento de la luz natural para disminuir el uso de luminarias innecesariamente.
- Instalación o uso de lámparas, luminarias de alta eficiencia energética, en este caso lámparas tipo led, que presentan una alta eficiencia y confort a las personas con un bajo consumo de electricidad.
- Realizar mantenimientos periódicos de limpieza, y reposición tanto de difusores como de luminarias dañadas, ya que no hay un plan de mantenimiento preventivo solo correctivo (se hace el cambio únicamente cuando el dispositivo ya falló).

- Promover con los trabajadores del edificio el uso correcto de las luminarias, no encenderlas cuando no se necesitan y siempre dejarlas apagadas al salir de un lugar de trabajo.
- Teniendo en cuenta que la totalidad de las luminarias poseen control por interruptor, se recomienda la utilización de otro tipo de control de encendido/apagado, como pueden ser fotorresistencias que varían la intensidad lumínica en función a la iluminación del lugar, *timers*, control por tiempo, entre otros.
- Al momento de pintar las paredes es recomendable hacerlo con colores claros, los cuales absorben menos luz y aportan mayor calidad a los diferentes lugares de trabajo.
- Tener instalación de interruptores independientes para cada lugar de trabajo, para obtener mayor control de luminarias y que solo sean encendidas las necesarias.
- Tener asegurado el debido control de las instalaciones, las cuales solo puedan ser manipuladas por personas encargadas del mantenimiento del edificio y no por terceras personas.

Es necesario mencionar que es necesario mantener en cada oficina o lugar de trabajo un nivel de iluminación agradable y adecuado para obtener un buen ambiente de trabajo para los trabajadores y tener seguridad que se cumplen las condiciones de calidad y confort visual.

8.3. Equipos eléctricos

El mayor consumo del edificio viene derivado del uso de equipos eléctricos, en especial las computadoras, monitores, impresoras, UPS, entre otros.

Debido a la gran cantidad y variedad de estos dispositivos, su bajo consumo energético hace que parezca que suponen una gran parte de la factura eléctrica del edificio.

En este rubro también se toman en cuenta equipos que se presentan se forma habitual en edificios de oficinas como lo son: cafeteras, microondas, refrigeradoras, entre otros.

Medidas de mejora:

- Comprar, instalar y usar equipos eléctricos que cuenten con etiquetado energético de Clase A, que representan un ahorro considerable de consumo energético, ya que la letra nos indica que es un equipo altamente eficiente.
- Concientizar a los trabajadores para lograr una mejora en el comportamiento y hábitos de consumo de los mismos.
- Dejar apagado el monitor de la pantalla de la computadora, al realizar un descanso de trabajo por un tiempo mayor a 10 minutos; y si en dado caso, el descanso de labores durara más de una hora apagar el equipo de computación por completo; igualmente al momento de finalizar la jornada laboral.

- Mantener en las pantallas un ajuste de brillo en nivel intermedio para obtener hasta un 20 % de ahorro de energía.
- Motivar a los usuarios a que realicen labores a través de computadoras portátiles o laptops, se recomienda que al momento de que la batería tenga la carga completa desconectarla de la alimentación AC.
- Dejar activadas las funciones de ahorro energético de los equipos (los que lo posean) para que se apaguen de forma automática cuando se detecte que no se están usando.
- Fomentar el uso del correo electrónico y la intranet (si se contara con una), para enviar y recibir información sin necesidad de la utilización de la impresora.
- Elegir fondos con colores oscuros para los fondos de pantalla de las computadoras de escritorio.
- Mantener los microondas o tostador eléctrico limpio de residuos, debido a esto durarán más tiempo y consumirán menos energía.
- Recomendar equipos que generan electricidad utilizando recursos renovables para la construcción de un edificio. Esto se debe a que la instalación de paneles solares en una estructura reduce la producción de gases de efecto invernadero nocivos, como el dióxido de carbono (CO₂).

9. PROYECCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Un analizador de red FLUKE 430-II utilizado para medir mediciones eléctricas en el edificio Monja Blanca, cada día y mes, arrojó los siguientes hallazgos:

Tabla XXXIV. **Proyección de consumo de energía eléctrica durante un día laboral**

Actividad	Día laboral		Consumo promedio en Watt-hora
	Horario de consumo		
	Inicio	Final	
Jornada Laboral	08:00:00 a.m.	04:00:00 p.m.	258,280.26
Fin de labores (Trabajadores se quedan en el edificio)	4:00:01 p. m.	05:10:00 p.m.	369,871.97
Horario nocturno (fuera de horario)	05:10:00 p.m.	07:00:00 a.m.	392,881.53
Inicio de labores (trabajadores entran temprano)	07:00:01 a.m.	07:59:59 a.m.	158,639.07
Consumo total en 24 horas			1,179,672.83

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Tabla XXXV. **Proyección de consumo de energía eléctrica durante un día de descanso o asueto**

Actividad	Día de descanso o asueto		Consumo promedio en Watt-hora
	Horario de consumo		
	Inicio	Final	
Fuera de labores y operaciones	07:00:01 a.m.	07:00:00 a.m.	1,061,307.81

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Con estas cifras, es evidente que los datos muestran que la energía eléctrica no se usa en días festivos o días libres. Esto se debe a que el personal de mantenimiento suele estar de vacaciones durante este tiempo. Utilizando datos del interior de las instalaciones, se estimó que las personas que trabajan en mantenimiento generan un consumo de electricidad de alrededor de 1,061,307.81 vatios-hora al día.

Las tablas de la sección anterior de este informe contienen datos sobre la cantidad de energía eléctrica que resultó cada día o feriado. Estas cifras se usaron para crear un consumo de energía eléctrica anual proyectado de marzo a diciembre de 2018.

Tabla XXXVI. **Proyección de consumo de energía eléctrica de marzo a diciembre del año 2018**

Mes	Tipo y cantidad de días		Energía estimada (kWh)
	Descanso	Laboral	
Marzo	12	19	34319.9
Abril	9	21	32903.07
Mayo	9	22	33965
Junio	9	21	32903.7
Julio	9	22	33965
Agosto	8	23	33846.7
Septiembre	11	19	33140.3
Octubre	8	23	33846.7
Noviembre	9	21	32907.7
Diciembre	14	18	35617.8

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

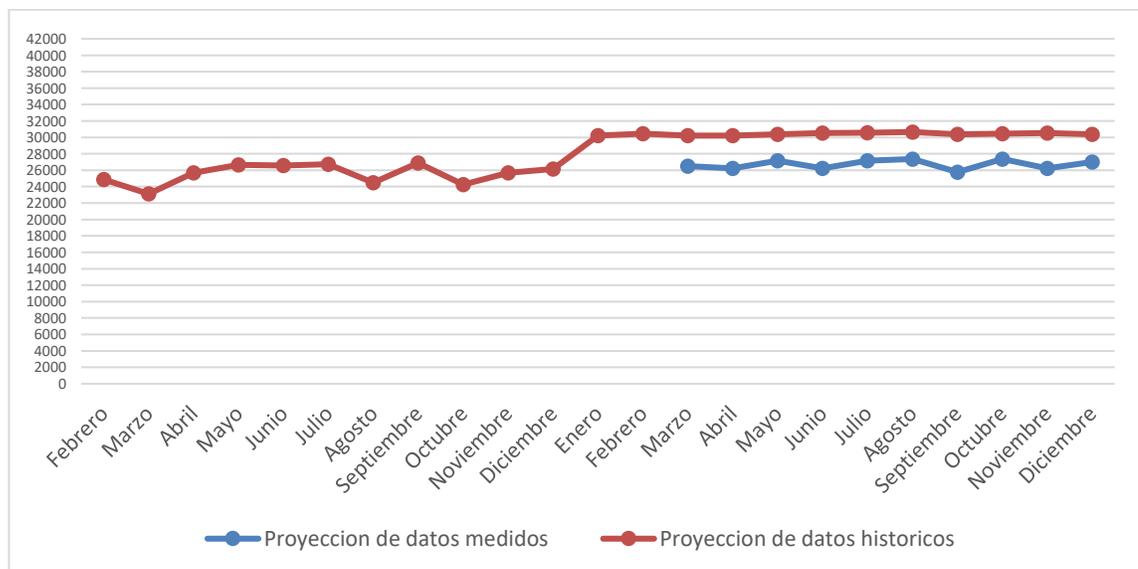
Se consideraron las proyecciones para el año 2018. Es importante tenerlas en cuenta porque se deben cumplir las condiciones normales al momento de crearlas. Adicionalmente, no debe haber un aumento en la demanda de energía eléctrica al modificar el sistema eléctrico.

9.1. Análisis económico proyectado

Debido a que los costos de energía eléctrica se mantienen, se espera que el costo de la energía eléctrica en la Ciudad de Guatemala se mantenga en Q. 0.707589 por kilovatio hora. Este costo estimado se puede calcular de marzo a diciembre.

En capitulos anteriores se presentó un análisis historico del consumo de electricidad a lo largo del año 2017, teniendo como base estos datos se realizó una proyección del consumo estimado de electricidad para los meses de marzo a diciembre del presente año, teniendo como base el costo proyectado se realizó la siguiente gráfica comparativa.

Figura 27. **Comparación de proyecciones de costo económico de consumo de energía eléctrica en las oficinas del edificio Monja Blanca**



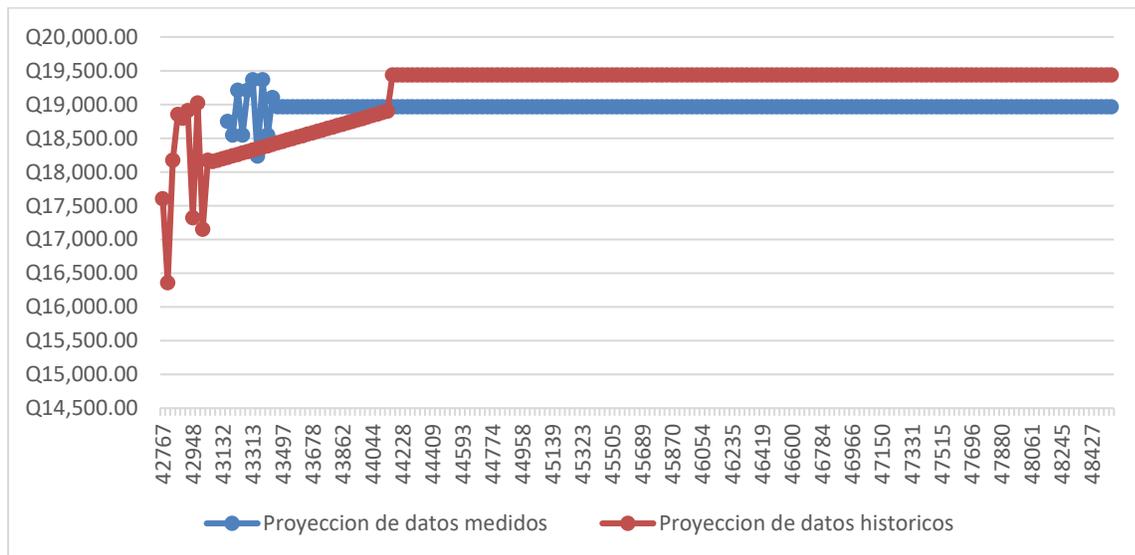
Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

En la figura 27 se muestra que los datos históricos no coinciden con las proyecciones de consumo medido por el analizador. Esta discrepancia sugiere que el edificio Monja Blanca necesita aumentar su eficiencia con la electricidad para evitar gastos innecesarios para el Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Los gastos adicionales que no están incluidos en el precio de la energía, como los costos de cargos fijos o la energía utilizada, no están relacionados con la declaración engañosa sobre los costos.

A continuación, se mostrará una gráfica con tendencia de consumos proyectados hasta el año 2032 para observar cómo se comportará el consumo a través de los años siguientes.

Figura 28. Comparación de proyecciones por costo económico de energía eléctrica del edificio Monja Blanca hasta 2032



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

10. ANÁLISIS ECONÓMICO DE AHORROS ENERGÉTICOS

Previamente se analizó el consumo de energía eléctrica en el edificio de Monja Blanca. Se determinaron tres áreas de mejora que se pueden implementar o realizar económica y técnicamente. A continuación, se describen los puntos de mejora y un análisis económico resumido:

10.1. Instalación de paneles solares

La implementación de paneles como medida de eficiencia es un método en el cual es necesaria una inversión inicial de Q.1,376,638.43, la cual puede ser pagada mediante un contrato *Leasing* o de arrendamiento financiero con ahorros mensuales que la implementación y arranque del proyecto de paneles contribuya.

El proyecto de implementación tiene una vida útil de 25 años y un periodo de retorno de inversión de 15.5 años, es decir que finalizado el tiempo de recuperación se verá la disminución de consumo energético para el edificio Monja Blanca.

Los ahorros económicos se verán reflejados mensualmente por una cantidad de Q. 7,387.64 que al cabo de un año sumarán Q. 88,651.76 y se podrá pagar el proyecto en el tiempo indicado.

- Proyección de costos

Inversión Inicial	Q. 1,376,638.43
Ahorro Mensual	Q. 7,387.64
Ahorro Anual	Q. 88,651.76
Retorno de Inversión	15.5 años
Vida Útil del Proyecto	25 años

10.2. Simulación de consumos eléctricos con tecnología LED

A pesar de que las lámparas LED son más eficientes que las bombillas regulares, las luces en el edificio Monja Blanca todavía usan bombillas fluorescentes e incandescentes tradicionales, lo cual es un gasto innecesario. Dado que estas luces desperdician dinero al usar electricidad, hace que aumente la factura de electricidad del edificio.

Teniendo esto en cuenta esta tecnología se estima que el edificio puede obtener un beneficio en consumo energético si se realiza el cambio de lámparas y tipos de luminarias en las diferentes áreas de trabajo.

Cuando se realiza un cambio de lámparas y luminarias existentes con las que poseen esta tecnología es posible obtener una reducción del 80 % del consumo de iluminación, y es importante mencionar que es una propuesta que no requiere mayor trabajo para que sea llevada a cabo.

A continuación, se mostrará las lámparas equivalentes con tecnología led correspondientes a las que el edificio ya tiene instaladas.

Tabla XXXVII. **Tipo de luminaria equivalentes**

Tabla Luminaria Equivalente		
Tipo	Potencia (W)	Equivalente LED (W)
Fluorescente	40	17
Incandescente	75	10
Incandescente	25	10
Incandescente	100	15

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Se necesita Q. 12,663.33 para cambiar a luces led con un nuevo sistema tecnológico. Esto se debe a que se requieren 6.5 años y un costo mensual de Q.1,978.58 para una inversión inicial en el nuevo sistema.

Tabla XXXVIII. **Comparativa potencia de iluminación instalada y con cambio de iluminación**

Tipo	Potencia (W)	Lamparas	Potencia Total (W)	Lumenes
Instaladas				
Fluorescente	40	407	16820	2700
Incandescente	75	21	1575	900
Incandescente	25	20	500	300
Incandescente	100	1	100	1700
Tecnología LED				
LED	17	407	6919	1700
LED	10	21	210	725
LED	10	20	200	725
LED	15	1	15	1150

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

La tabla anterior muestra la diferencia significativa entre la potencia de iluminación actualmente instalada y la que pueden producir la iluminación y las luminarias led. El cambio da como resultado una diferencia de 2,796.24 kilovatios-hora de electricidad.

- Proyección de costos

Inversión Inicial Q.12,663.33

Ahorro Mensual Q.1978.78

Ahorro Anual Q. 23,745.36

Retorno de Inversión 6.5 años

Vida Útil del Proyecto 6 años

Tabla XXXIX. Cotización de lámparas para instalación en el edificio
Monja Blanca

	AREA DE TRABAJO	TIPO DE LAMPARA	CANTIDAD	PRECIO	COSTO POR CAMBIO
p r i m e r N i v e l	Archivo 1	Fluorescente	10	Q.28.74	Q 287.40
	Archivo 2	Fluorescente	12	Q.28.74	Q 344.88
		Incandescente	1	Q.11.89	Q 11.89
	Archivo Digital	Fluorescente	4	Q.28.74	Q 114.96
	Jefatura de Archivo	Fluorescente	10	Q.11.89	Q 118.90
		Incandescente	4	Q.11.89	Q 47.56
	Asesoría del Ministro general	Incandescente	1	Q.11.89	Q 11.89
	Servicios Basicos	Fluorescente	4	Q.28.74	Q 114.96
	Contratación y Adquisicion	Incandescente	2	Q.11.89	Q 23.78
		Fluorescente	4	Q.28.74	Q 114.96
	Bodega de Herramienta del despacho del ministro	Fluorescente	4	Q.28.74	Q 114.96
	Archivo de personal y archivo de contabilidad	Fluorescente	6	Q.28.74	Q 172.44
	Jefatura de Comunicación Social	Fluorescente	10	Q.28.74	Q 287.40
	Recepción	Fluorescente	4	Q.28.74	Q 114.96
	Sanitario Hombres	Incandescente	1	Q.11.89	Q 11.89
	Sanitario Mujeres	Fluorescente	2	Q.28.74	Q 57.48
	Secretaria de Contabilidad	Incandescente	1	Q.11.89	Q 11.89
	Bodegas Contabilidad	Fluorescente	4	Q.28.74	Q 114.96
	Recepcion Financiera	Incandescente	1	Q.11.89	Q 11.89
	Jefatura	Fluorescente	4	Q.28.74	Q 114.96
	Administrador Financiero	Fluorescente	2	Q.28.74	Q 57.48
	Contabilidad	Fluorescente	8	Q.28.74	Q 229.92
	Secretaria financiera	Fluorescente	8	Q.28.74	Q 229.92
	Caja financiera y fondo rotativo	Fluorescente	2	Q.28.74	Q 57.48
	Oficina de pagos	Fluorescente	4	Q.28.74	Q 114.96
	Jefatura pagos	Fluorescente	4	Q.28.74	Q 114.96
	Programación	Fluorescente	14	Q.28.74	Q 402.36
	Pasillos	Fluorescente	12	Q.28.74	Q 344.88
	Pasillo area financiera	Fluorescente	8	Q.28.74	Q 229.92

Continuación de la tabla XXXIX.

S e g u n d o N i v e l	Recepción	Incandescentes	10	Q.11.89	Q 118.90
	Despacho del ministro	Fluorescente	12	Q.28.74	Q 344.88
		Incandescente	1	Q.11.89	Q 11.89
	Servicio Sanitario Ministro	Incandescentes	1	Q.11.89	Q 28.74
	Asistente del Ministro	Fluorescente	4	Q.28.74	Q 114.96
	Cocina	Fluorescente	4	Q.28.74	Q 114.96
	Asesor del Primero Ministro	Fluorescente	4	Q.28.74	Q 114.96
	Sala de Espera	Fluorescente	2	Q.28.74	Q 57.48
	Administración General	Fluorescente	2	Q.28.74	Q 23.78
	Bodega	Incandescente	1	Q.11.89	Q 28.74
	Secretaría de Administración General	Fluorescente	4	Q.28.74	Q 114.96
	Asistente del Ministro 2	Fluorescente	4	Q.28.74	Q 114.96
	Servicio Sanitario Hombres	Incandescente	1	Q.28.74	Q 28.74
	Servicio Sanitario Mujeres	Fluorescente	2	Q.28.74	Q 57.48
	Cocina 2	Fluorescente	2	Q.28.74	Q 57.48
	Despacho del viceministro	Fluorescente	4	Q.28.74	Q 47.56
	Auditoría de de Viceministro	Incandescente	1	Q.11.89	Q 11.89
	Asistente del Viceministro	Incandescente	1	Q.11.89	Q 28.74
	Oficina de Asesores de Viceministros	Fluorescente	12	Q.28.74	Q 344.88
	Sala de Espera de Salones	Fluorescente	2	Q.28.74	Q 57.48
		Fluorescente tipo U	4	Q.28.74	Q 114.96
	CENADEA	Fluorescente	8	Q.28.74	Q 229.92
	CENADEA	Fluorescente	8	Q.28.74	Q 229.92
Pasillo	Fluorescente	8	Q.28.74	Q 229.92	
T e r c e r N i v e l	Asesoría Fonagro	Fluorescente	4	Q.28.74	Q 114.96
	Administrativo	Fluorescente	4	Q.28.74	Q 114.96
	Coordinación	Fluorescente	4	Q.28.74	Q 114.96
	Asesor - Financiero	Fluorescente	4	Q.28.74	Q 114.96
	Auditoría Interna Fonagro	Fluorescente	8	Q.28.74	Q 229.92
	Secretaría Fonagro	Fluorescente	4	Q.28.74	Q 114.96
	Recepción Fonagro	Fluorescente	4	Q.28.74	Q 114.96
	Fonagro	Fluorescente	12	Q.28.74	Q 344.88
	Gerencia Fonagro	Fluorescente	4	Q.28.74	Q 114.96
	Informática	Fluorescente	4	Q.28.74	Q 114.96
	Recursos Humanos	Fluorescente	4	Q.28.74	Q 114.96
	Recursos Humanos Anexo	Incandescente	8	Q.28.74	Q 229.92
	Servicio Sanitario Hombres	Fluorescente	2	Q.28.74	Q 57.48
	Servicio Sanitario Mujeres	Fluorescente	2	Q.28.74	Q 57.48
	Asesoría Jurídica	Fluorescente	2	Q.28.74	Q 57.48
	Requerimientos	Fluorescente	2	Q.28.74	Q 57.48
	Hídricos	Incandescente	4	Q.28.74	Q 114.96
	Administración de Personal	Incandescente	12	Q.28.74	Q 344.88
	Dirección de Informática	Fluorescente	14	Q.28.74	Q 402.36
	Administración de personal (anexo)	Fluorescente	6	Q.28.74	Q 172.44
	Fluorescente	14	Q.28.74	Q 402.36	
C u a r t o N i v e l	Asesoría Jurídica	Incandescente	12	Q.28.74	Q 344.88
	Asesoría 1	Incandescente	8	Q.28.74	Q 229.92
	Sala de Reunión	Incandescente	4	Q.28.74	Q 114.96
	Recepción de Cooperación	Incandescente	4	Q.28.74	Q 47.56
	Ministro Cooperación	Incandescente	4	Q.28.74	Q 114.96
	Oficina de Arrendamientos de la Dirección de Coo	Incandescente	18	Q.28.74	Q 517.32
	Asesores Despacho	Incandescente	4	Q.28.74	Q 114.96
		Fluorescente	2	Q.11.89	Q 23.78
	VISA/M Dirección de Logística	Incandescente	4	Q.28.74	Q 114.96
	Delegación de Contaduría	Incandescente	8	Q.28.74	Q 229.92
	Auditoría Interna	Incandescente	4	Q.28.74	Q 114.96
	Auditoría Interna 2	Incandescente	12	Q.28.74	Q 344.88
	Jefatura de Auditoría Interna	Incandescente	4	Q.28.74	Q 114.96
	Unidad de Auditoría Interna Secretaría	Incandescente	2	Q.28.74	Q 57.48
Administración general	Incandescente	2	Q.28.74	Q 57.48	
TOTAL			467		Q 12,663.33

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Tabla XL. Tabla comparativa entre el consumo de energía requerido en un mes en el edificio Monja Blanca

Mes	Tipo y cantidad de días		Energía estimada (kWh)	Cambio de Iluminación (Kwh)
	Descanso	Laboral		
Marzo	12	19	34319.9	32341.31
Abril	9	21	32903.7	30925.11
Mayo	9	22	33965	30739.24
Junio	9	21	32903.7	30925.11
Julio	9	22	33965	31986.41
Agosto	8	23	33846.7	31968.11
Septiembre	11	19	33140.3	31161.71
Octubre	8	23	33846.7	33846.70
Noviembre	9	21	32903.7	32903.70
Diciembre	14	18	35617.8	35617.80

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

El ahorro del consumo energético que representa el cambio de iluminación con tecnología led, puede ser observado en función de un ahorro económico en el costo de la energía eléctrica mensual del edificio Monja Blanca del Ministerio de Agricultura y Ganadería detallado en función a los datos del analizador presentados en capítulos anteriores.

Tabla XLI. Tabla comparativa entre el costo mensual del consumo de energía eléctrica actual y con el cambio de iluminación propuesta para el edificio Monja Blanca

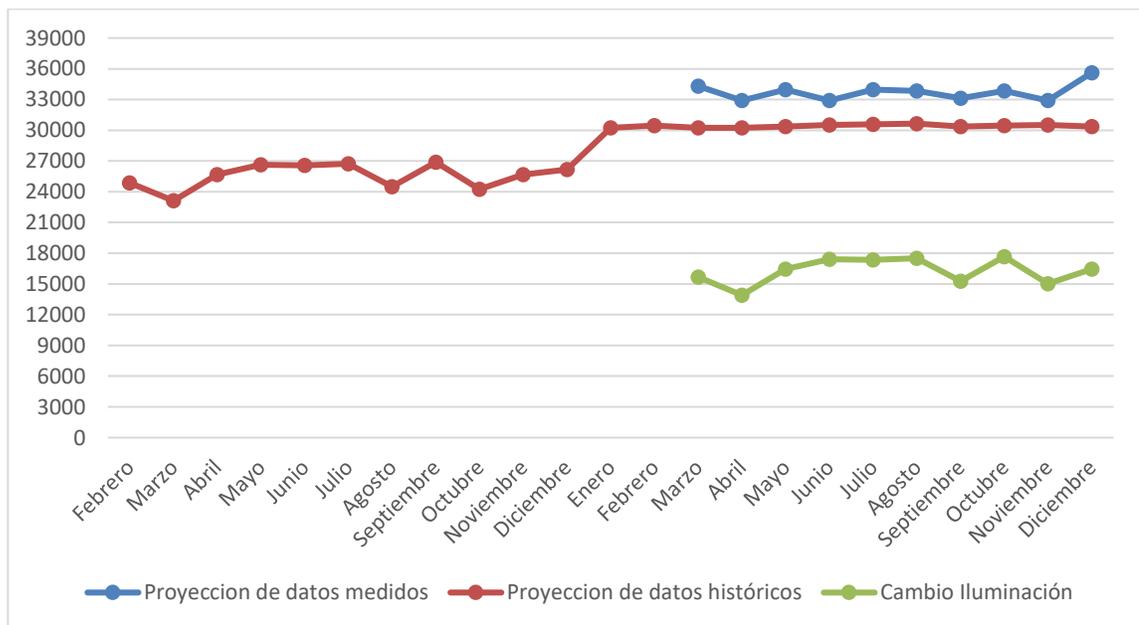
Mes	Energía estimada (kWh)	Tarifa	Cobro	Iluminación LED (Kwh)	Tarifa	Cobro
Marzo	34319.9	Q.0.707589	Q24,284.38	15664.52	Q.0.707589	Q18,350.40
Abril	32903.7	Q.0.707589	Q23,282.30	13904.52	Q.0.707589	Q16,590.40
Mayo	33965	Q.0.707589	Q24,033.26	16464.52	Q.0.707589	Q19,150.40
Junio	32903.7	Q.0.707589	Q23,282.30	17424.52	Q.0.707589	Q20,110.40
Julio	33965	Q.0.707589	Q24,033.26	17344.52	Q.0.707589	Q20,030.40
Agosto	33846.7	Q.0.707589	Q23,949.55	17504.52	Q.0.707589	Q20,190.40
Septiembre	33140.3	Q.0.707589	Q23,449.71	15264.52	Q.0.707589	Q17,950.40
Octubre	33846.7	Q.0.707589	Q23,949.55	17664.52	Q.0.707589	Q20,350.40
Noviembre	32903.7	Q.0.707589	Q23,282.30	15024.52	Q.0.707589	Q17,710.40
Diciembre	35617.8	Q.0.707589	Q25,202.76	16464.52	Q.0.707589	Q19,150.40

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

La figura 29 ilustra las proyecciones de consumo eléctrico del edificio Monja Blanca del Ministerio de Agricultura y Ganadería para el año 2018.

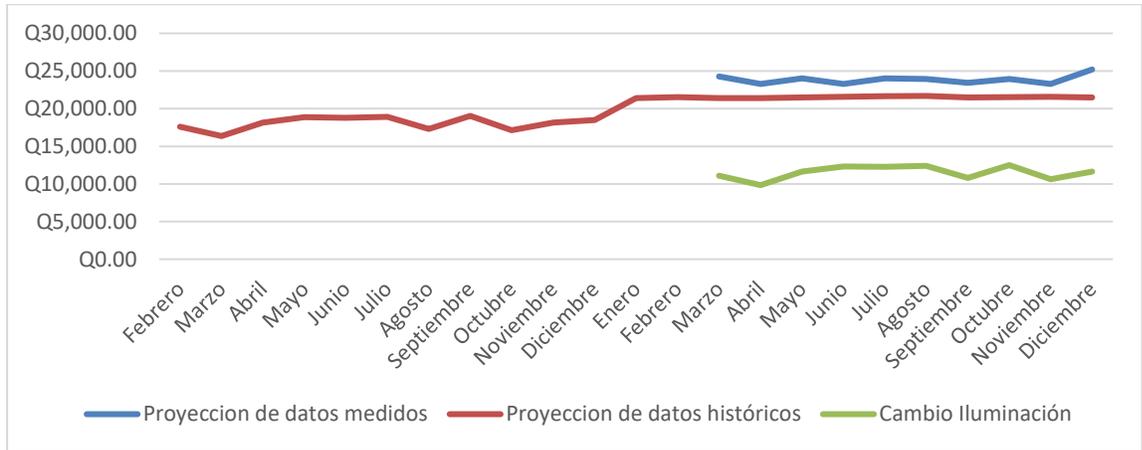
Según los datos proporcionados por el analizador, la línea naranja representa el consumo de energía para 2018. A modo de comparación, la línea azul muestra el consumo de energía estimado en función de los registros históricos. Y la línea verde muestra el consumo de energía estimado en base a los datos del analizador. La imagen de arriba muestra 3 líneas con 3 diferentes tonos de verde. Esto se debe a que se hicieron diferentes estimaciones para el uso eléctrico de cada año. (Ver figura 30)

Figura 29. Proyección de consumo de energía eléctrica en Kwh basados en registros históricos, registros medidos y cambio de iluminación led



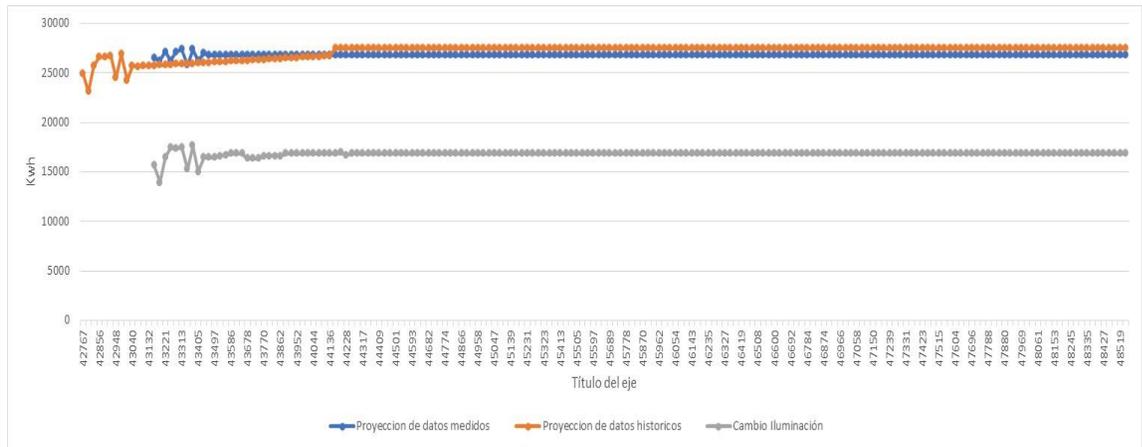
Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Figura 30. Comparación de proyectos por costo económico en quetzales del consumo de energía eléctrica con cambio de iluminación



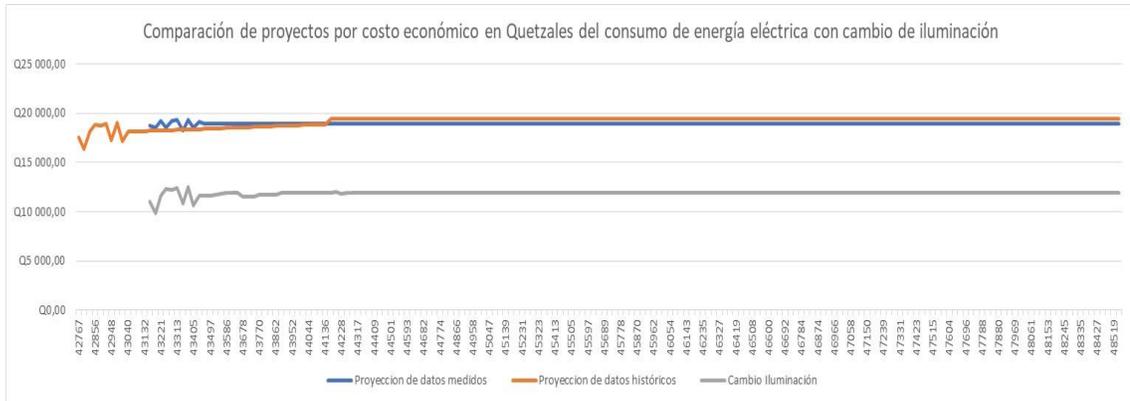
Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Figura 31. Proyeccion consumo de energía eléctrica en Kwh en registros hisotóricos, registros medidos y con cambio de luminaria hasta el año 2032



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Figura 32. Comparación de proyectos por costo económico en quetzales del consumo de energía eléctrica con cambio de iluminación hasta el año 2032



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

10.3. Buenas prácticas y hábitos de consumo

Esta sería la última medida a implementar en el edificio, pero así mismo es la que mayor complejidad representa al momento de llevarla a cabo, debido a que conlleva un cambio en los hábitos de consumo de todos los trabajadores del edificio, esto representa una inversión nula pero así mismo se obtendrá un ahorro del 20 % en el consumo eléctrico en el edificio.

- Proyección de costos

Inversión inicial Q.0.00

Ahorro mensual Q. 1,851.63

Ahorro anual Q. 22,219.56

Retorno de inversión N/A

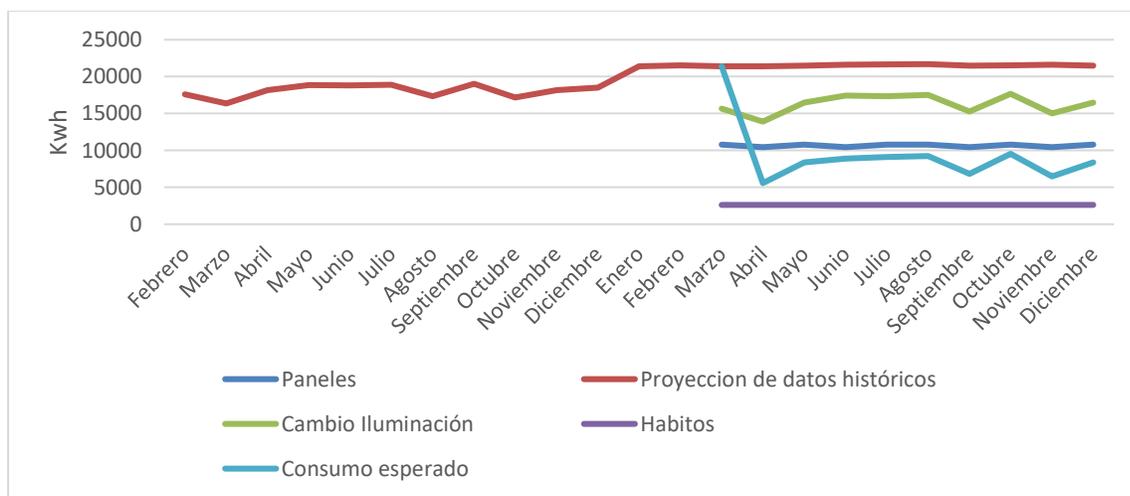
Vida útil del proyecto N/A

Esta es la medida que representa una mayor rentabilidad debido a que el factor costo-beneficio de su implementación es el mejor indicador de reducción de consumos.

Si la implementación de todas las medidas se llevara a cabo, el edificio Monja Blanca obtendrá un ahorro de 78717.07 Kwh que se verán reflejados en un monto de Q.55,699.33 anuales.

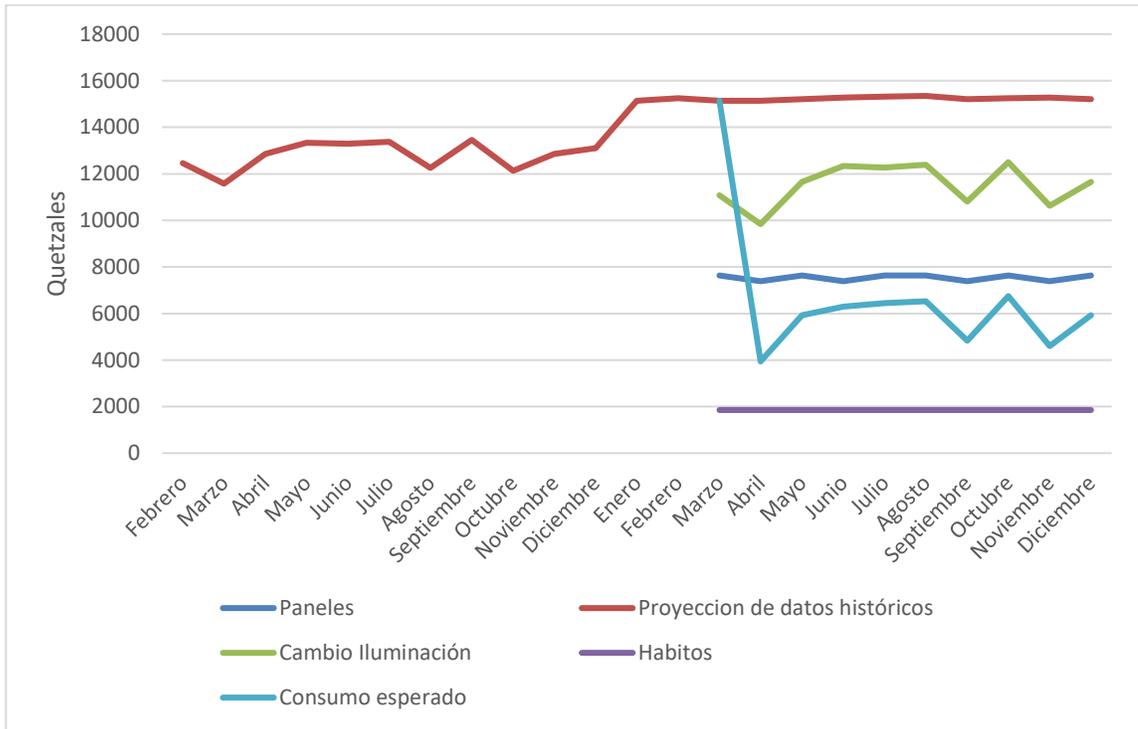
En la actualidad, el edificio Monja Blanca posee un costo por consumo económico de Q. 258,240.62, por lo cual, si las medidas de eficiencia descritas son implementadas, se obtendrá un ahorro de costo energético del 30 %.

Figura 33. Comparacion de proyecciones entre consumo de energia eléctrica actual (rojo) y consumo esperado (celeste), aplicando los cambios en iluminación (anaranjado), implementando paneles solares (azul) y realizando las buenas prácticas (morado)



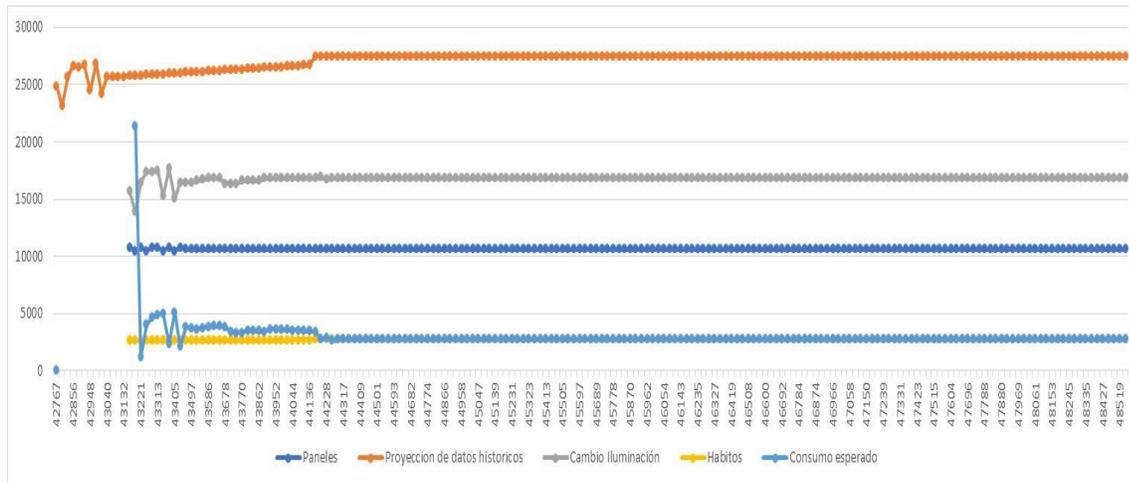
Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Figura 34. **Comparación de proyecciones entre costo de energía eléctrica actual (rojo) y consumo esperado (celeste), aplicando los cambios en iluminación (anaranjado), implementando paneles solares (azul) y realizando buenas prácticas (morado)**



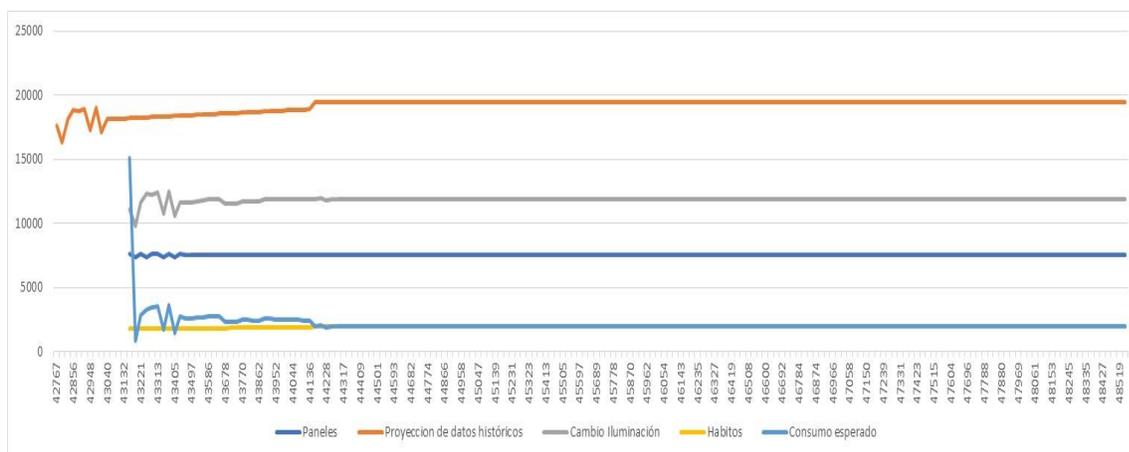
Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Figura 35. Comparación de proyecciones entre consumo de energía eléctrica hasta el año 2032



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Figura 36. Comparación de proyecciones entre costo de energía eléctrica hasta el año 2032



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

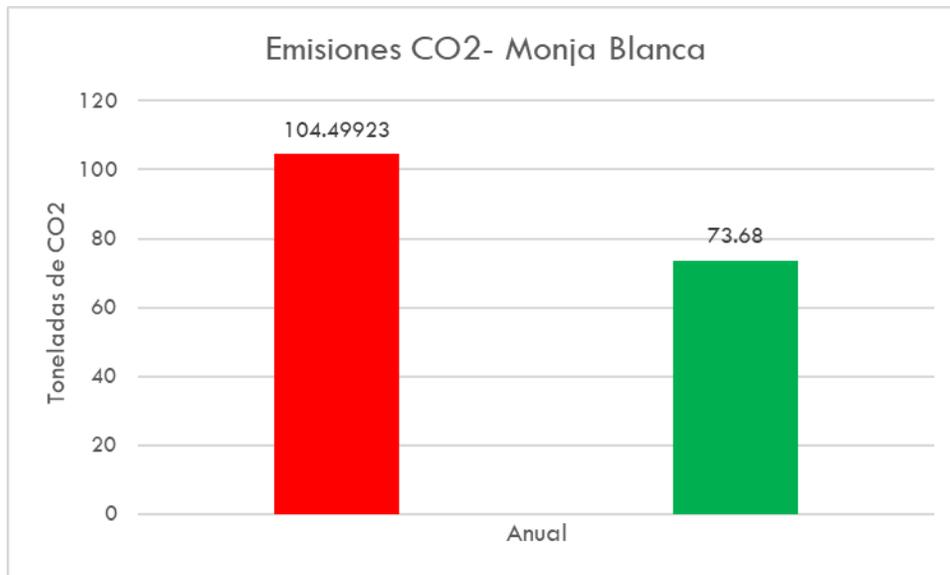
11. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

El cambio climático genera mucha contaminación, que la política energética debe reducir a través de una mayor eficiencia. Al hacer esto, las personas pueden reducir la cantidad de contaminación en el aire.

El edificio Monja Blanca produce 258,240.62 KWH al año; o 104.4923 toneladas de CO₂e. Si se implementaran las medidas de eficiencia y ahorro mencionadas, las emisiones del edificio se reducirían a 73.68 toneladas de CO₂e.

La implementación de estas medidas elimina anualmente 30,8 toneladas de CO₂e.

Figura 37. **Comparación entre emisiones de gases de efecto invernadero, condiciones actuales (rojo) y proyección con aplicación de medidas de ahorro energético (verde)**

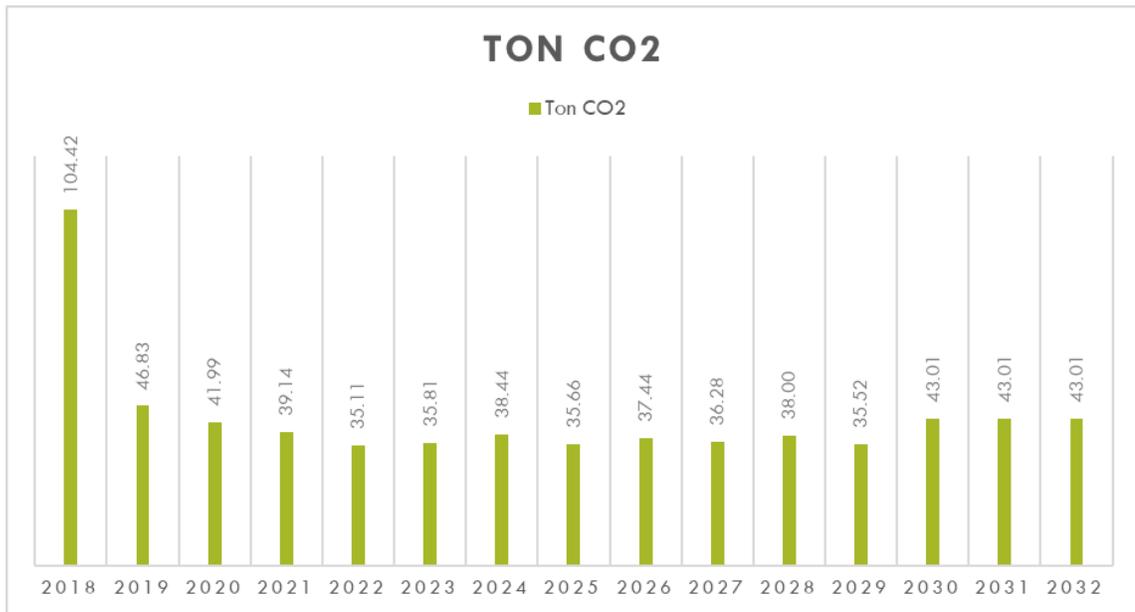


Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

Ser ecológico con energías renovables es crucial para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Tener en cuenta las medidas de eficiencia energética, hoy en día, es aún más importante.

La figura 38 muestra las emisiones de gases de efecto invernadero previstas para el año 2032.

Figura 38. **Proyección de emisión de gases de efecto invernadero hasta el año 2032**



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

12. CÁLCULO Y SELECCIÓN DE EQUIPO DE CLIMATIZACIÓN

12.1. Generalidades

La gente ha tenido que considerar cómo los edificios podrían proporcionar una sensación de comodidad y conveniencia mientras los creaban. Muchas culturas propusieron grandes ideas para resolver este problema.

El aire acondicionado moderno se debe a Willis Haviland Carrier, luego de varios inventos de equipos de climatización, por fin, en 1928 presenta el primer equipo que era capaz de enfriar, calentar, limpiar y poder hacer circular aire para casas y edificios.

Luego de que el equipo se comercializara, en 1958, se creó la ASHRAE (American Society of Heating Refrigeration Engineers), entidad sin ánimo de lucro, que promueve el bienestar de las personas, proporcionando recursos tecnológicos para que se construyan edificios eficientes, entre estos recursos incluidas las normas de refrigeración. (Carrier, s.f., párr. 1-20)

La forma en que funcionan los sistemas de aire acondicionado de los edificios modernos es vital para su éxito. El aire que circula a través de estos sistemas es fundamental para mantener la salud y la comodidad de los ocupantes del edificio. Las personas necesitan sentirse cómodas, y cualquier sistema que promueva esto debe incluir muchas características destinadas a mejorar esta comodidad.

En cuestión de ahorro energético, el cálculo y selección correcta de equipos de refrigeración se deben conocer las necesidades del lugar de trabajo, ya que para esto es importante conocer el área que se necesita climatizar, cantidad de personas y equipos que funcionan dentro del lugar ya que cada uno de ellos es capaz de producir un calor que el equipo de aire debe de suprimir para mantener la temperatura deseada, así como las características de la construcción, como lo son: el material con el cual fue construido, posee ventilación natural, posee ventanas, etc. Todo esto representa al final un confort para los trabajadores, como también un ahorro en consumo de electricidad, ya que los equipos estarán correctamente dimensionados y en ningún momento se forzarán su funcionamiento, lo cual no gastará ni desperdiciará energía eléctrica en su funcionamiento.

12.2. Aplicaciones de un aire acondicionado

Los sistemas de aire acondicionado se pueden utilizar para fines domésticos, industriales, comerciales y automotrices.

El confort en un departamento o casa se logra a través del aire acondicionado. El aire acondicionado *mini-split* utiliza un compresor en el exterior y un ventilador en el interior para controlar la temperatura. Por su diseño compacto, este tipo de equipos se pueden incorporar fácilmente a cualquier espacio.

En el área industrial, el aire acondicionado es usado principalmente en las áreas de producción donde la temperatura es demasiado alta y se necesite suprimir esta temperatura para que los trabajadores posean un ambiente idóneo para realizar sus labores, también en lugares de bodega donde se almacenan grandes cantidades de productos, los cuales, para no degradarse deben

mantenerse a una temperatura y humedad específica para poder mantener todas las propiedades de los productos.

Otra aplicación que es muy usada hoy en día es el de la climatización de salas de cómputo y centros de servidores, a estos equipos, lo cuales su operación nunca se ve interrumpida, se les llama cargas críticas, si en algún momento se ve afectada su operación podría afectar los procesos, almacenamiento de datos hasta posibles cierres de sistemas enteros, a estos se les llaman aires de precisión, debido a la alta precisión de humedad y temperatura que estos equipos deben manejar para que en ningún momentos fallen por calentamiento.

12.3. Componentes de un sistema de aire acondicionado

Todo equipo o sistema de aire acondicionado posee de forma básica los siguientes equipos:

- Compresor
- Condensador
- Evaporador
- Válvula de Expansión

Estos equipos conforman el llamado circuito de refrigeración, en los cuales, por medio de ellos circula un líquido llamado refrigerante, e incluye un sistema de movimiento de aire compuesto por un motor o turbina.

- Compresor

Es el componente del cual depende el consumo energético del equipo, se define como una bomba de calor reversible, siempre está instalada en el lado exterior del lugar que se desea climatizar.

La función del compresor es la compresión del refrigerante que permite un ciclo de compresión y descompresión que produce una transferencia de calor a través de un circuito frigorífico, este genera una fuerza, la cual comprime el gas refrigerante que entra desde en el evaporador en estado gaseoso, esta presión convierte el gas refrigerante en líquido y se calienta.

Los optimizadores de energía eléctrica comprimen el aire acondicionado de manera eficiente.

- Condensador

Proporcionando un evaporador mediante el uso de un ventilador o mediante un circuito de agua, controla la creación de condensación.

Luego de que el gas refrigerante se haya comprimido en el compresor, este llega al condensador en forma de vapor con una alta presión, dentro del condensador se produce un intercambio de temperatura, ya sea con aire o con agua, con esto se logra que el gas refrigerante pase de estado de vapor a líquido saturado o líquido sub-enfriado, el cual se dirige directo al evaporador.

- Evaporador

Este equipo realiza el proceso de eliminación del aire caliente. Esto conduce a la transferencia de calor desde el compresor a través del gas refrigerante que tiene presión reducida debido a la baja potencia del evaporador.

Esto permite que el gas refrigerante se enfríe y establezca la temperatura deseada en el aire acondicionado.

- Válvula de expansión

Este último elemento es el encargado de inyectar continuamente el gas refrigerante al sistema y que este se mantenga siempre con la presión de evaporación necesaria para que el equipo logre alcanzar la temperatura deseada en el lugar donde está instalado el equipo de aire acondicionado.

- Sistema VRV

Los sistemas de aire acondicionado utilizan un sistema llamado VRV que controla el volumen de refrigerante. Este sistema permite múltiples unidades independientes conectadas a una unidad exterior. Son capaces de producir una distancia vertical significativa, así como una longitud. Esto permite configurar diferentes diseños con un alto grado de versatilidad.

Sirven para muchos propósitos, desde oficinas hasta hoteles y cualquier otro edificio o local con demandas energéticas variadas, estos dispositivos se utilizan para instalar cargas térmicas elevadas en condiciones variables. Son especialmente útiles para edificios que necesitan equilibrar las demandas de frío y calor.

Existen diferentes tipos de instalaciones VRV según las funciones que realizan:

- Solo las unidades interiores únicamente pueden enfriar.
- Todos los calefactores y acondicionadores de aire interiores comparten el mismo horario: cambiar entre calefacción y refrigeración.
- Todas las unidades interiores pueden calentar y enfriar; recuperan calor.

Componentes de un sistema VRV

- Equipos productores:

Las unidades verticales refrigeradas por aire con un ventilador superior de tipo axial están diseñadas para colocarse en los techos de los edificios o en el exterior. Estos se acoplan en paralelo, formando filas en las cuales se va aumentando su capacidad de enfriamiento.

- Redes de tubería de refrigerante

El refrigerante se transporta de forma ramificada a través de equipos productores paralelos.

- Unidades terminales VRV

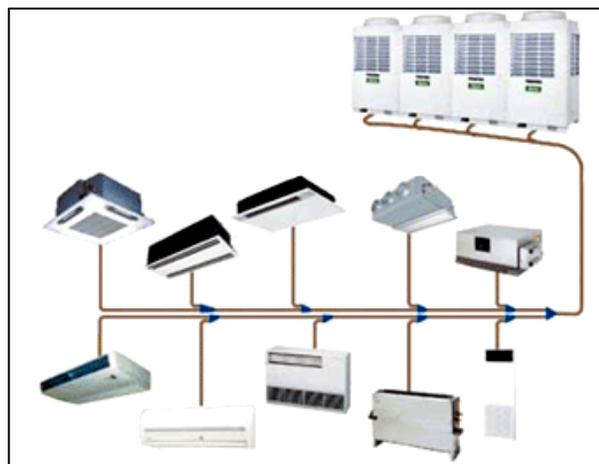
Se pueden configurar en_ tipo conducto, pared, suelo, casete y válvula. Sus válvulas electrónicas permiten que el refrigerante fluya en dos direcciones a la vez para regular el flujo en cada equipo.

- El ahorro de energía

Este tipo de sistemas VRV son equipos que poseen un alto grado de eficiencia energética, estos serían los motivos:

- Tecnología *Inverter*: Los sistemas *Inverter* utilizan un generador térmico que puede cambiar su salida para satisfacer las necesidades del equipo.
- Sistema de control: El sistema de gestión eléctrico de los sistemas VRF deja que la unidad exterior tenga conocimiento de cuáles unidades están funcionando y así sea más eficiente.
- Flujo de energía: Este sistema es capaz de hacer conversiones de energía hasta llegar a enfriar/calentar el aire del local, esto se refleja en menos pérdidas.
- Sin bombeo: Estos sistemas no necesitan bombas, ya que el propio compresor hace circular el gas por la instalación, por lo tanto, un punto menos de consumo de energía.

Figura 39. Sistema *inverter* de aire acondicionado



Fuente: Climadesing. (s.f.). *Equipo de aire VRF*. Consultado el 10 de febrero de 2020.

Recuperado de <https://www.climadesign.com.ar/info/equipo-de-aire-vrf>.

12.4. Condiciones para el diseño

Un sistema de control climático necesita considerar muchos factores al crear un diseño para cumplir con todos sus requisitos. Esto se debe a que necesita satisfacer las necesidades de todos los que lo usan.

Actualmente, los primeros criterios a tomar en cuenta para un diseño de instalaciones de aire acondicionado son: confort, salud y ahorro de energía; el diseño de aires acondicionados es ciertamente una necesidad para las personas, debido que es un factor que contribuye a preservar la salud de los habitantes del lugar, sino también una necesidad fundamental en procesos industriales.

Al especificar un diseño de aire acondicionado, se deben realizar consideraciones futuras. Estas ideas se enumeran a continuación:

- Poseer un plano de arquitectura donde se pueda determinar todas las superficies expuestas con el exterior o algún ambiente no acondicionado.
- Realizar un balance de cargas térmicas de todas las áreas a climatizar.
- Establecer y seleccionar el tipo de equipos a utilizar como *Split* o de ventana, unidad central o por conductos, sistemas de agua tratada, entre otros.
- Escoger los lugares más apropiados para los equipos seleccionados.

12.5. Condiciones interiores y exteriores

A continuación, se enlistarán las condiciones del edificio Monja Blanca a tener en cuenta para el cálculo y selección de equipos de aire acondicionado.

- Condiciones exteriores

- Ciudad de Guatemala, Zona 13
 - Latitud: 14.58°
 - Longitud: 90.52°
 - Altura: 1488.948 m.s.n.m
 - Humedad Relativa: 42.6 %
 - Temperatura bulbo seco: 27.16 °C
 - Temperatura bulbo húmedo: 17.83 °C
 - Velocidad máxima exterior del aire: 22 km/hr
 - Presión barométrica: 769.5 mmHg
- Condiciones interiores
 - Temperatura bulbo seco: 25 °C
 - Humedad relativa: 55 %
 - Velocidad del aire: 0 km/h

12.6. Cantidad de personas

En el edificio monja blanca, el cual consta de 4 niveles, tiene un aproximado de 280 personas dentro del mismo.

12.7. Tipo de iluminación

El tipo de iluminación que posee el edificio consta de lámparas incandescentes, fluorescentes y también posee algunas con tecnología led.

12.8. Ubicación geográfica

La ubicación del edificio es descrita en el capítulo 2, cuando se da la descripción del edificio.

13. CARGAS TÉRMICAS

13.1. Definición

Una carga térmica es una medida de la cantidad de calor eliminado de un área cerrada. Esto se puede medir en unidades de BTUH o vatios, y generalmente se expresa en términos de tiempo. Una carga térmica también se conoce como carga de enfriamiento; es la cantidad de energía necesaria para disminuir la temperatura y la humedad dentro de un espacio cerrado.

Las cargas térmicas se pueden diferenciar en 2 grupos según su procedencia, las cuales son:

- Cargas térmicas externas: como las de puertas, rejillas de ventilación y ventanas. Y también es posible mencionar las cargas térmicas producidas por superficies de vidrio y ventanas.
- Cargas térmicas internas: entre estas cargas se pueden mencionar: las cargas generadas por las personas en el lugar, calor por iluminación, calor generado por equipos electrónicos, entre otros.

Las cargas térmicas para que puedan ser calculadas se usará la siguiente expresión:

$$Q_r = Q_s + Q_i$$

Donde:

Q_r = carga total de refrigeración

Q_s = carga térmica sensible (Watts)

Q_l = carga térmica latente (Watts)

A continuación, se expondrá en qué consiste cada una de estas cargas térmicas y el cálculo de estas.

13.2. Tipos de cargas térmicas sensibles

Las variaciones en la temperatura del aire hacen que se midan cargas térmicas sensibles. La siguiente ecuación se utiliza para calcular la carga térmica sensible.

$$Q_s = Q_{sr} + Q_{st} + Q_{si} + Q_{sai}$$

Donde:

Q_{sr} : carga sensible debido a la radiación solar a través de ventanas y cristales (Watts)

Q_{st} : carga sensible por transmisión y radiación a través de techos y paredes.

Q_{si} : carga sensible transmitida por infiltraciones de aire exterior.

Q_{sai} : carga sensible por aportaciones internas

El valor de la carga térmica se basa en sumar las cargas anteriores para obtener un total.

13.2.1. Radiación solar

Una superficie de vidrio con una carga térmica debajo convierte la luz solar en calor dentro del espacio. Esta energía aumenta la temperatura de la

habitación, lo que influye en la cantidad de máquinas utilizadas en un sistema HVAC. Elegir el tipo adecuado de carga térmica para una ventana es vital para elegir un equipo de aire acondicionado.

Para el cálculo de este tipo de carga térmica sensible se utiliza la siguiente expresión

$$Q_{sr} = S * R * F$$

Donde:

Q_{sr} = carga térmica por radiación solar a través de cristales (Watts)

S = superficie de cristal expuesta a radiación (m²)

R = radiación solar que atraviesa el cristal o ventana (W/m²); este depende la latitud de lugar.

F = factor de corrección que depende del tipo de vidrio que posea el edificio.

13.2.2. Transmisión

Medir las cargas térmicas requiere calcular la energía transmitida y recibida a través del techo y las paredes. Este tipo de carga sensible se debe a la energía radiada y transferida a través de estos lugares.

Para determinar el peso de este tipo de materia se utiliza la siguiente expresión:

Q_{st} = carga por transmisión a través de paredes y techos. (Watts)

K = coeficiente global para la transmisión térmica de cerramientos, también llamada transmitancia térmica (W/m² °C).

S = superficie expuesta a diferencia de temperatura, (m²)

Ti = temperatura interior de diseño del local (°C)

Tec = temperatura exterior de cálculo (°C)

Es necesario entender que para medir la temperatura ambiente exterior Tec, primero es necesario medir la temperatura ambiente exterior Te.

La temperatura exterior de diseño (Te) se calcula en función de la temperatura media más alta notificada para el mes más cálido (Tme) y la temperatura media más baja notificada para el mismo mes (Tmin). Se utiliza la siguiente fórmula:

Diseño para una condición climática $T_e = 0.4 T_{me} + 0.6 T_{max}$.

La tabla XLII explica en qué lugar se calcula la temperatura a través de su diseño y orientación. También tiene en cuenta el entorno que rodea el lugar que se está considerando.

Tabla XLII. **Tabla para cálculo de temperatura exterior**

Orientación	Temperatura exterior de cálculo (T_{ec}) en °C
Norte	$0,6 \cdot T_e$
Sur	T_e
Este	$0,8 \cdot T_e$
Oeste	$0,9 \cdot T_e$
Cubierta	$T_e + 12$
Suelo	$(T_e + 15) / 2$
Paredes interiores	$T_e \cdot 0,75$

Fuente: Grupo TREOLO. (2016). *Cálculo de Cargas Térmicas*. Consultado el 12 de febrero de 2020. Recuperado de <http://grupotreolo.com/blog/c%C3%A1culo-de-cargas-t%C3%A9rmicas>.

13.2.3. Carga sensible

La carga térmica total del espacio cerrado, Q_{sai} , se calcula sumando los distintos tipos de carga térmica que se producen en él. Estos incluyen aportes térmicos tanto del lugar como de sus ocupantes:

$$Q_{sai} = Q_{sii} + Q_{sp} + Q_{se}$$

Donde:

Q_{sii} = valor de carga sensible debido a la iluminación interior de local (Watts)

Q_{sp} = valor de carga sensible debido al número de personas dentro del local. (Watts)

Q_{se} = valor de carga sensible debida a los aparatos eléctricos o electrónicos (Watts)

- Carga sensible por iluminación (Q_{sii}):

Para calcular esta carga térmica sensible que la iluminación aportará se considerará como la potencia integra o total de las lámparas instaladas, esta se transformará como calor sensible, el cálculo para lámparas incandescentes y lámparas fluorescentes cambia como se describe a continuación.

Para las lámparas incandescentes, el cálculo es sencillo, simplemente se multiplica la cantidad de lámparas por la potencia de las mismas:

$$Q_{sii,incandescente} = N * Pot. Lamp. Incandescentes$$

Siendo N el número de lámparas

Ahora para el caso de las lámparas fluorescentes se agrega un multiplicador de 1.25 a la expresión anterior, quedando como:

$$Q_{si, \text{ fluorescente}} = 1.25 N \text{ Pot. Lamp. Fluorescente}$$

Siendo N el número de lámparas

Sumando estas 2 cargas sensibles por iluminación se obtiene la carga total por iluminación:

$$Q_{sii} = Q_{si, \text{ incandescente}} + Q_{sii, \text{ fluorescente}}$$

Carga sensible por ocupante (Q_{sp})

El número de personas que vive o trabaja en un edificio se denomina carga sensible. Las personas proporcionan calor de diferentes maneras, por ejemplo, mediante el uso del fuego, y es necesario calcular la calefacción proporcionada por cada individuo al calcular la carga sensible de un edificio.

- Radiación
- Convección
- Conducción
- Respiración
- Evaporación cutánea

Es importante mencionar que la carga por ocupación posee una componente de carga térmica sensible y latente, esto se debe a la respiración y a la transpiración de las personas.

La expresión para obtener el calor sensible por ocupación es la siguiente:

$$Q_{sp} = n * C_{sensible, persona}$$

Donde:

N = número de personas que ocupan el lugar

C_{sensible, persona} = calor sensible por persona (depende de la actividad este realizando)

13.3. Carga térmica latente

A continuación, se describirá todo lo relacionado a la carga térmica latente.

13.3.1. Definición

Los acondicionadores de aire deben tener en cuenta las cargas térmicas latentes. Estos incluyen cualquier carga térmica que cambie el contenido de agua en el aire. El cálculo de estas cargas térmicas requiere el uso de la siguiente expresión:

$$Q_l = Q_{li} + Q_{lp}$$

Donde:

Q_l = carga térmica latente

Q_{li} = carga latente por infiltraciones de aire (Watts)

Q_{lp} = carga latente por ocupación de local (Watts)

13.3.2. Tipos de cargas térmicas latentes

La cantidad de carga que se acumula en la batería cuando se expone al aire exterior. Este tipo de carga se conoce como Q_{li} . Calcular la carga de Q_{li} requiere considerar varios factores.

$$Q_{li} = V * \rho * C_{l,agua} * \Delta w$$

Donde:

Q_{li} = carga térmica latente por aire exterior (Watts)

V = caudal de aire infiltrado (m³/s)

ρ = densidad del aire (1.18 kg/m³)

$C_{l,agua}$ = calor específico del agua (2257 KJ/kg)

Δw = diferencia de humedad absoluta exterior e interior

- Carga latente por ocupación (Q_{lp})

La carga latente por ocupación de local se calcula de igual forma que el calor sensible por ocupación, con la siguiente expresión:

$$Q_{lp} = n * C_{latente, persona}$$

Donde:

n = número de personas en el lugar

$C_{latente, persona}$ = calor latente por persona (depende de actividad que realiza)

14. SELECCIÓN DE EQUIPOS

14.1. Características

En esta sección de información se trata la elección de una unidad de aire acondicionado para el edificio Monja Blanca. Se consideraron constantemente las características principales del equipo al tomar una decisión. Estos incluyen el cálculo de las cargas térmicas en cada sala de trabajo. Se recomienda un sistema *mini-split*.

- Potencia del equipo: para la selección de los equipos se calcula primero las cargas térmicas que se deben de absorber del lugar de trabajo, en el cual se toman en cuenta numerosos factores, superficie de paredes, techo, temperatura exterior, vidrios, orientación de lugar, material de construcción, entre otros, teniendo estos factores se determina la capacidad del equipo que sea capaz de absorber toda la carga térmica debido a los factores mencionados anteriormente.
- Consumo energético: los sistemas *Inverter* están referenciados en el capítulo 8. Es importante mencionarlos porque la mayoría de las unidades de aire acondicionado *Split* actualmente funcionan con este sistema; esto permite que la temperatura del lugar se mantenga constante. Además, los equipos instalados con sistemas *Inverter* a menudo vienen con nuevos sistemas ionizantes y filtros de filtrado de aire que mejoran la funcionalidad. Estos sistemas suelen ser más caros que otros, pero proporcionan mayor comodidad y salud a sus ocupantes.

- Prestaciones del sistema: En el capítulo 8 del texto se mencionan los sistemas *Inverter*. Estos sistemas utilizan unidades de aire acondicionado, que ayudan a mantener una temperatura específica. Los equipos que acompañan a estos sistemas son más costosos, pero brindan mayor comodidad y salubridad en el lugar donde se instalan. Es importante señalar que la mayoría de las unidades de aire acondicionado *Split* actualmente funcionan con sistemas *Inverter*, por eso es importante mencionarlo.

14.2. Selección de equipo

Tomando en cuenta las características anteriores y las ecuaciones de carga térmica, debido a los diferentes factores que pueden afectar un área de trabajo se realizaron cálculos de cargas térmicas para determinar equipos de aire acondicionado que cumpla con el enfriamiento de las cargas térmicas correspondientes y que sea eficiente para que pueda contribuir con la eficiencia del uso de energía eléctrica del edificio.

Para los cálculos se tomaron en cuenta las áreas con equipo que tengan mayor antigüedad, ya que esto representa una disminución en la eficiencia del equipo, y debido al crecimiento de trabajadores pueda que ya no sean los adecuados para lograr un ambiente de mayor comodidad para los trabajadores.

A continuación, se presentan las cargas térmicas calculadas para las diferentes áreas del edificio Monja Blanca:

- Primer nivel

Tabla XLIII. **Carga térmica en administrador financiero**

ADMINISTRADOR FINANCIERO		
Cargas térmicas	Watts	Área (m2)
SENSIBLES		13,5
Ventanas o Cristales		3100,5
Paredes y techos		3,388392
Infiltraciones de aire		69,6434112
Iluminación		100
Ocupantes		50
Aparatos eléctricos		661,5
LATENTE		
Ocupantes		65
Carga térmica Total		4050,031803
Ton. refrigeración		1,150884037

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

En el área de administrador financiero se tiene un total de 1 toneladas de refrigeración o equivalente a 4,050.03 Watts de carga térmica.

Tabla XLIV. **Carga térmica en administrador financiero**

SECRETARIA ADMIN FINANCIERO		
Cargas térmicas	Btu/h	Área (m2)
SENSIBLES		15
Ventanas o Cristales		1413,75
Paredes y techos		3,76488
Infiltraciones de aire		77,381568
Iluminación		200
Ocupantes		650
Aparatos eléctricos		799,5
LATENTE		
Ocupantes		845
Carga térmica Total		3989,396448
Ton. refrigeración		1,133653491

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

En el área de secretaria de administración financiera se necesitará un equipo de 1 tonelada de refrigeración, o sea, 3,989.39 watts de carga térmica.

Tabla XLV. **Carga térmica en contabilidad**

CONTABILIDAD		
Cargas térmicas	Btu/h	Área (m2)
SENSIBLES		
Ventanas o Cristales		11310
Paredes y techos		5,01984
Infiltraciones de aire		206,350848
Iluminación		700
Ocupantes		600
Aparatos eléctricos		4713
LATENTE		
Ocupantes		780
Carga térmica Total		13601,37069
Ton. refrigeración		3,865056171

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

En el área de contabilidad se usará un equipo de 4 toneladas de refrigeración y equivalente a 13,601.37 watts de carga térmica.

Tabla XLVI. **Carga térmica en jefatura**

JEFATURA		
Cargas térmicas	Btu/h	Área (m2)
SENSIBLES		
Ventanas o Cristales		11310
Paredes y techos		5,01984
Infiltraciones de aire		103,175424
Iluminación		700
Ocupantes		600
Aparatos eléctricos		3738
LATENTE		
Ocupantes		780
Carga térmica Total		13498,19526
Ton. refrigeración		3,835737154

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

En el área de jefatura se determinará un equipo de 4 toneladas de refrigeración o equivalente a 13,498.19 watts de carga térmica.

- Segundo nivel

Tabla XLVII. **Carga térmica en asistente del ministro**

ASISTENTE DEL MINISTRO		
Cargas térmicas	Btu/h	Área (m2)
SENSIBLES		13,2
Ventanas o Cristales	5655	
Paredes y techos	3,3130944	
Infiltraciones de aire	68,09577984	
Iluminación	200	
Ocupantes	50	
Aparatos eléctricos	661,5	
LATENTE		
Ocupantes	65	
Carga térmica Total	6702,908874	
Ton. refrigeración	1,904743272	

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

En el área de asistente del ministro se usará un equipo más pequeño de 2 toneladas de refrigeración equivalente a 6,702.90 watts.

Tabla XLVIII. **Carga térmica en oficina asesores del viceministro**

OFICINA ASESORES VICEMINISTRO		
Cargas térmicas	Btu/h	Área (m2)
SENSIBLES		35
Ventanas o Cristales	11310	
Paredes y techos	8,78472	
Infiltraciones de aire	180,556992	
Iluminación	600	
Ocupantes	1600	
Aparatos eléctricos	1446	
LATENTE		
Ocupantes	260	
Carga térmica Total	15405,34171	
Ton. refrigeración	4,377684603	

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

En el área de oficina de asesores del viceministro se necesita un equipo de 5 toneladas de refrigeración o equivalente a 15,405.34 watts de carga térmica.

- Tercer nivel

Tabla XLIX. **Carga térmica en secretaria y contador**

SECRETARIA Y CONTADOR		
Cargas térmicas	Btu/h	Área (m2)
SENSIBLES		10,5
Ventanas o Cristales	11310	
Paredes y techos	2,635416	
Infiltraciones de aire	54,1670976	
Iluminación	400	
Ocupantes	300	
Aparatos eléctricos	1984,5	
LATENTE		
Ocupantes	390	
Carga térmica Total	14441,30251	
Ton. refrigeración	4,103736798	

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

En el área secretaria y contador de usará un equipo de 4 toneladas de refrigeración o equivalente a 14,441.30 watts de carga térmica.

Tabla L. **Carga térmica en FONAGRO**

FONAGRO		
Cargas térmicas	Btu/h	Área (m2)
SENSIBLES		
Ventanas o Cristales		33930
Paredes y techos		12,51697104
Infiltraciones de aire		257,2679197
Iluminación		800
Ocupantes		700
Aparatos eléctricos		4948
LATENTE		
Ocupantes		910
Carga térmica Total		41557,78489
Ton. refrigeración		11,80933721

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

En el área de Fonagro se necesita un equipo de 15 toneladas de refrigeración y equivalente a 52,867.78 watts de carga térmica.

Tabla LI. **Carga térmica en recursos humanos**

RECURSOS HUMANOS		
Cargas térmicas	Btu/h	Área (m2)
SENSIBLES		
Ventanas o Cristales		11310
Paredes y techos		6,212052
Infiltraciones de aire		127,6795872
Iluminación		400
Ocupantes		250
Aparatos eléctricos		1507,5
LATENTE		
Ocupantes		325
Carga térmica Total		12418,89164
Ton. refrigeración		3,529035041

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

En el área de recursos humano se usará un equipo de 4 toneladas de refrigeración para cubrir la carga térmica del lugar equivalente a 12,418.89 watts.

Tabla LII. **Carga térmica en informática**

INFORMATICA		
Cargas térmicas	Btu/h	Área (m2)
SENSIBLES		
Ventanas o Cristales		11310
Paredes y techos		5,01984
Infiltraciones de aire		103,175424
Iluminación		300
Ocupantes		250
Aparatos eléctricos		3085
LATENTE		
Ocupantes		325
Carga térmica Total		12293,19526
Ton. refrigeración		3,493316321

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

En esta área de usará un equipo de 4 toneladas de refrigeración para cubrir la carga térmica del lugar equivalente a 12,293.19 watts.

Tabla LIII. **Carga térmica en asesoría jurídica**

ASESORIA JURIDICA		
Cargas térmicas	Btu/h	Área (m2)
SENSIBLES		
Ventanas o Cristales		11310
Paredes y techos		3,011904
Infiltraciones de aire		61,9052544
Iluminación		500
Ocupantes		250
Aparatos eléctricos		907,5
LATENTE		
Ocupantes		325
Carga térmica Total		13357,41716
Ton. refrigeración		3,795732709

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

En el área de asesoría jurídica se usará un equipo de 4 toneladas de refrigeración equivalente a 13,357.41 watts de carga térmica.

Tabla LIV. **Carga térmica en central de computación**

CENTRAL DE COMPU		
Cargas térmicas	Btu/h	Área (m2)
SENSIBLES		
Ventanas o Cristales		11310
Paredes y techos		6,023808
Infiltraciones de aire		123,8105088
Iluminación		600
Ocupantes		500
Aparatos eléctricos		2752,5
LATENTE		
Ocupantes		650
Carga térmica Total		15942,33432
Ton. refrigeración		4,530280002

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

En el área central de computación se usará un equipo de 5 toneladas de refrigeración equivalente a 15,942.33 de carga térmica.

Tabla LV. **Carga térmica en jefatura de recursos**

JEFATURA DE RECURSOS		
Cargas térmicas	Btu/h	Área (m2)
SENSIBLES		
Ventanas o Cristales		11310
Paredes y techos		3,011904
Infiltraciones de aire		61,9052544
Iluminación		50
Ocupantes		50
Aparatos eléctricos		1636,5
LATENTE		
Ocupantes		65
Carga térmica Total		13176,41716
Ton. refrigeración		3,744298543

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

En el área de jefatura de recursos de usará un equipo de 4 toneladas de refrigeración para obtener una climatización cómoda para los trabajadores, equivalente a 13,176.41 watts de carga térmica.

Tabla LVI. **Carga térmica en recursos contrato**

RECURSOS CONTRATO		
Cargas térmicas	Btu/h	Área (m2)
SENSIBLES		16,5
Ventanas o Cristales	11310	
Paredes y techos	4,141368	
Infiltraciones de aire	85,1197248	
Iluminación	30	
Ocupantes	150	
Aparatos eléctricos	3371	
LATENTE		
Ocupantes	195	
Carga térmica Total	15145,26109	
Ton. refrigeración	4,303778361	

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

En el área de recursos se necesita un equipo de 5 toneladas de refrigeración equivalente a 15,154.26 watts de carga térmica.

- Cuarto nivel

Tabla LVII. **Carga térmica en asesoría jurídica del cuarto nivel**

ASESORÍA JURIDICA		
Cargas térmicas	Btu/h	Área (m2)
SENSIBLES		
Ventanas o Cristales		45240
Paredes y techos		16,2642816
Infiltraciones de aire		334,2883738
Iluminación		600
Ocupantes		750
Aparatos eléctricos		2330
LATENTE		
Ocupantes		975
Carga térmica Total		47915,55266
Ton. refrigeración		13,61600288

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

En el área de asesoría jurídica del cuarto nivel de 14 toneladas de refrigeración y equivalente a 47,915.55 watts de carga térmica.

Tabla LVIII. **Carga térmica en oficina de profesionales**

OFICINA DE PROFESIONALES		
Cargas térmicas	Btu/h	Área (m2)
SENSIBLES		
Ventanas o Cristales		45240
Paredes y techos		11,043648
Infiltraciones de aire		226,9859328
Iluminación		800
Ocupantes		650
Aparatos eléctricos		1666
LATENTE		
Ocupantes		
Carga térmica Total		46928,02958
Ton. refrigeración		13,33538174

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 365.

El área de oficina de profesionales es la de mayor carga térmica presentando una carga de 103,478.02 watts equivalente a 30 toneladas de refrigeración.

Para el edificio Monja Blanca, se planteó un sistema VRV, descrito anteriormente, tomando en cuenta las diferentes áreas que tienen equipos de climatización instalados, así como las diferentes necesidades que se puedan presentar.

Después de recopilar datos del software, se extrae una tabla con registros de KWh/hora, días por semana y temperatura. Esta tabla también considera los valores de KWh acumulados, las horas de operación y los datos meteorológicos tanto dentro como fuera del edificio. Posteriormente, se incluye un informe anual en función del tiempo de instalación de los equipos en Monja Blanca.

Tabla LIX. **Tabla información general para el cálculo de sistema VRV en edificio Monja Blanca**

VRV System Energy Calculation Tool					
Project					
Project Name		MAGA			
Address		Edificio zona 13			
Company		EPS			
Date		3/15/2019			
Design Conditions					
Country / State		GT			
City		Guatemala			
Indoor Temperature	Cooling	77.0	[FDB]		
	Heating	0.0	[FDB]		
Outdoor Temperature	Cooling	84.6	[FDB]	Unique to City	
	Heating	43.2	[FDB]	Unique to City	
Building Load	Cooling	947.9	[MBH]	Ref. Selected System Capacity 984 [MBH]	
	Heating	0.0	[MBH]	Ref. Selected System Capacity 1107 [MBH]	
Conditioned Area		4250.0	[sqft]		
Operating Conditions					
Operation Period	Cooling	From	1	Jan.	
		To	12	Dec.	
	Heating	From	12	Dec.	
		To	12	Dec.	
Operation Days per Week		5	[Days/Week]		
Outdoor Temperature Limit of Operation	Cooling	40.0	[FDB]		
	Heating	60.0	[FDB]		
Cost Information					
Electricity		0.09	[Dollars/kWh]		
Operation Scedule					
Operation Ratio	1:00am	0	[%]		
	2:00am	0	[%]		
	3:00am	0	[%]		
	4:00am	0	[%]		
	5:00am	0	[%]		
	6:00am	0	[%]		
	7:00am	0	[%]		
	8:00am	100	[%]		
	9:00am	100	[%]		
	10:00am	100	[%]		
	11:00am	100	[%]		
	12:00pm	100	[%]		
	1:00pm	0	[%]		
	2:00pm	100	[%]		
	3:00pm	100	[%]		
	4:00pm	100	[%]		
	5:00pm	100	[%]		
	6:00pm	0	[%]		
	7:00pm	0	[%]		
	8:00pm	0	[%]		
	9:00pm	0	[%]		
	10:00pm	0	[%]		
	11:00pm	0	[%]		
	12:00am	0	[%]		

Fuente: elaboración propia, realizado con Daikin VRV System Energy Calculation Tool 2021.

A continuación, se realizó la selección de los equipos que cubren la necesidad de carga térmica de cada área de trabajo, para ello se seleccionaron 4 equipos exteriores y 27 equipos interiores, para la selección de equipo se usaron equipos tipo casete debido a su mayor capacidad de climatización para el edificio.

Habiendo seleccionado el equipo necesario para cada área de trabajo, se obtuvieron las siguientes tablas:

Tabla LX. **Selección de equipos exteriores para sistema VRV**

Outdoor Unit							
Type	Model	USRT	Cooling Specifications		Heating Specifications		No. of Units
			Capacity[MBH]	Power Input[kW]	Capacity[MBH]	Power Input[kW]	
VRV IV HEAT PUMP 230V	RXYQ144TTJU	12	144.0	11.80	162.0	11.10	1
VRV IV HEAT PUMP 230V	RXYQ288TTJU	24	288.0	27.70	324.0	22.20	1
VRV IV HEAT PUMP 230V	RXYQ216TTJU	18	216.0	17.90	243.0	16.60	1
VRV IV HEAT PUMP 230V	RXYQ336TTJU	28	336.0	33.40	378.0	27.00	1
Total		82	984.0	90.80	1107.0	76.90	4

Fuente: elaboración propia, realizado con Daikin VRV System Energy Calculation Tool 2021.

En esta tabla se muestran los equipos exteriores seleccionados, siendo en total 4, se muestra el tipo de equipo, modelo, capacidad de enfriamiento y calefacción, estos equipos son capaces de soportar la capacidad de todos los equipos conectados a ellos.

Tabla LXI. Selección de equipos interiores para sistema VRV

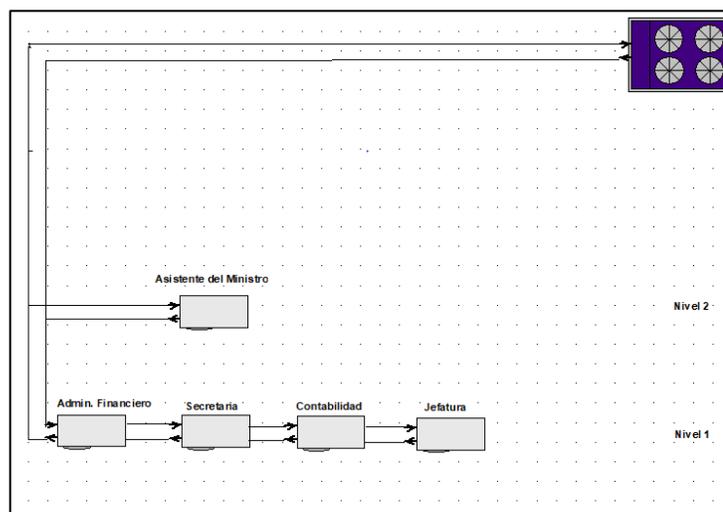
Indoor Unit							
Refrigerant	Type	Model	Cooling Specifications		Heating Specifications		No. of Units
			Capacity[MBH]	Power Input[kW]	Capacity[MBH]	Power Input[kW]	
R410A	Round Flow Ceiling Mounted Cassette	FXFQ18P	18.0	0.06	20.0	0.04	2
R410A	Round Flow Ceiling Mounted Cassette	FXFQ24P	24.0	0.07	27.0	0.06	6
R410A	Round Flow Ceiling Mounted Cassette	FXFQ30P	30.0	0.10	34.0	0.08	4
R410A	Round Flow Ceiling Mounted Cassette	FXFQ48P	48.0	0.24	54.0	0.23	15
Total			1020.0	4.55	1148.0	4.26	27

Fuente: elaboración propia, realizado con Daikin VRV System Energy Calculation Tool 2021.

En esta tabla se muestran los equipos interiores seleccionados, también se muestra la cantidad, el tipo de refrigerante, el modelo de cada equipo y sus respectivas capacidades de enfriamiento y calefacción.

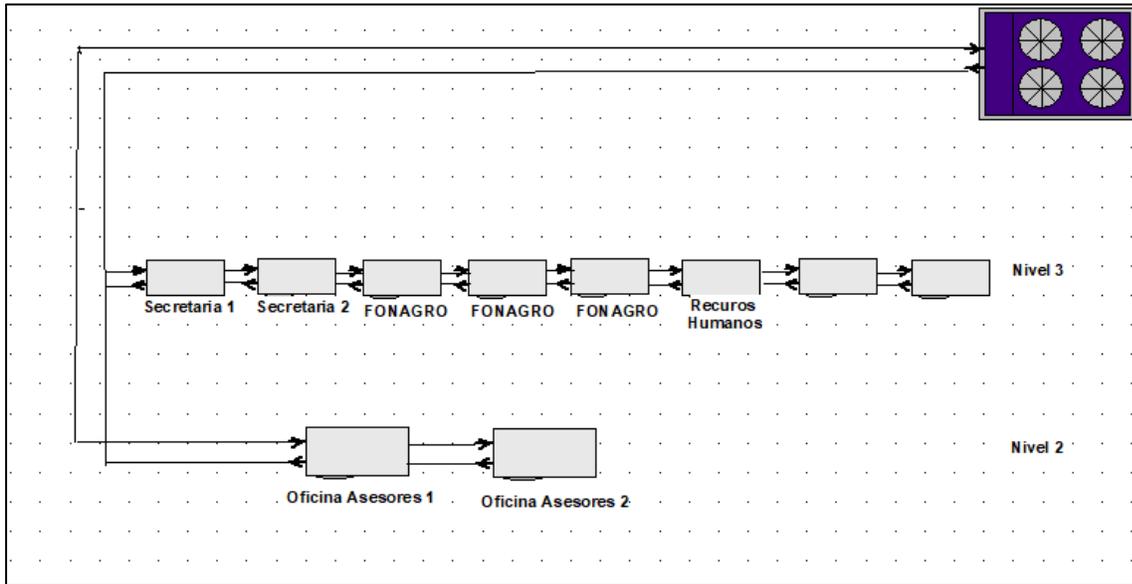
A continuación, se presentará los diagramas de cómo quedarían los equipos de aire acondicionado VRV en el edificio Monja Blanca.

Figura 40. Modelo sistema VRV con primer equipo exterior



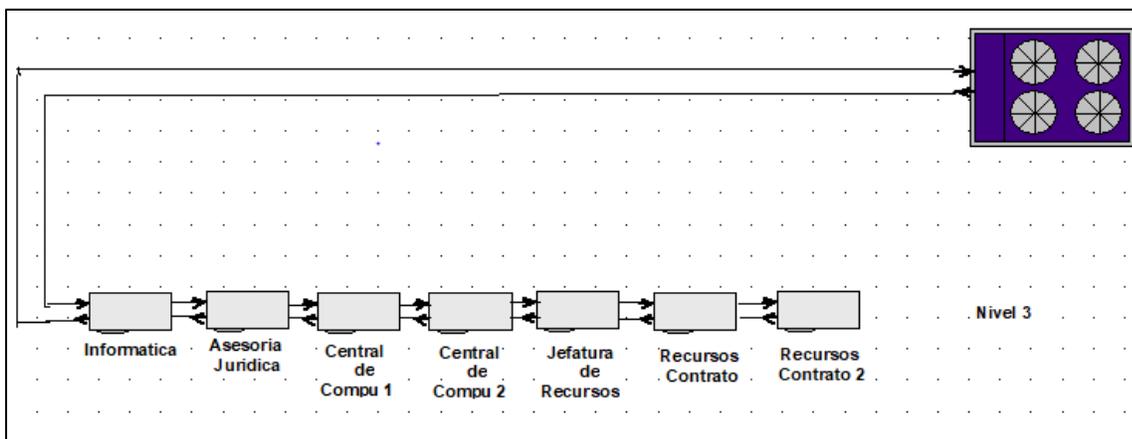
Fuente: elaboración propia, realizado con Flo Pro Designer 3.0.

Figura 41. **Modelo sistema VRV con segundo equipo exterior**



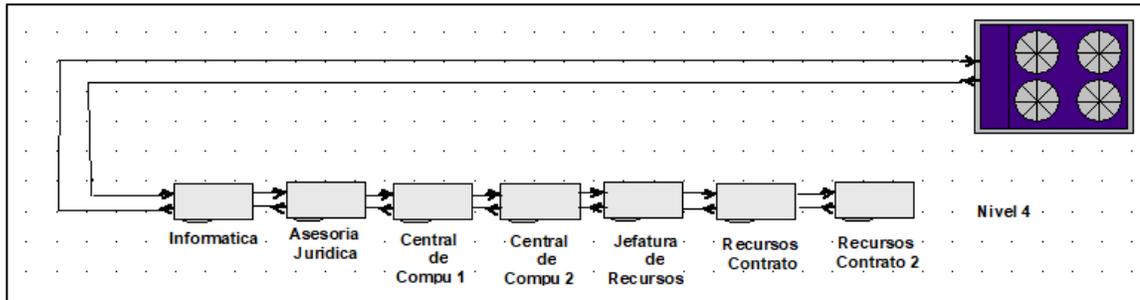
Fuente: elaboración propia, realizado con Flo Pro Designer 3.0.

Figura 42. **Modelo sistema VRV con tercer equipo exterior**



Fuente: elaboración propia, realizado con Flo Pro Designer 3.0.

Figura 43. **Modelo sistema VRV con cuarto equipo exterior**



Fuente: elaboración propia, realizado con Flo Pro Designer 3.0.

14.3. Cotización de equipos

Este capítulo requiere el uso de equipos de cada área dentro de Monja Blanca. Se elegirá el equipo apropiado para cada espacio, incluidos inversores y herramientas de alta tecnología. No se debe sobredimensionar el equipo, ya que esto daría como resultado una mayor eficiencia y potencia de salida.

Para este caso se cotizó en una empresa en la cual el precio es de \$. 2,400.00 por tonelada de refrigeración instalada en el equipo, esto equivale a Q. 18,432.68.

Tomando en cuenta todos los equipos instalados, se tiene un total de 974,994 Btu/h instaladas, teniendo un total de 81.24 toneladas de refrigeración, esto representaría una inversión de Q.1,497,470.92.

14.4. Consumo de equipos instalados

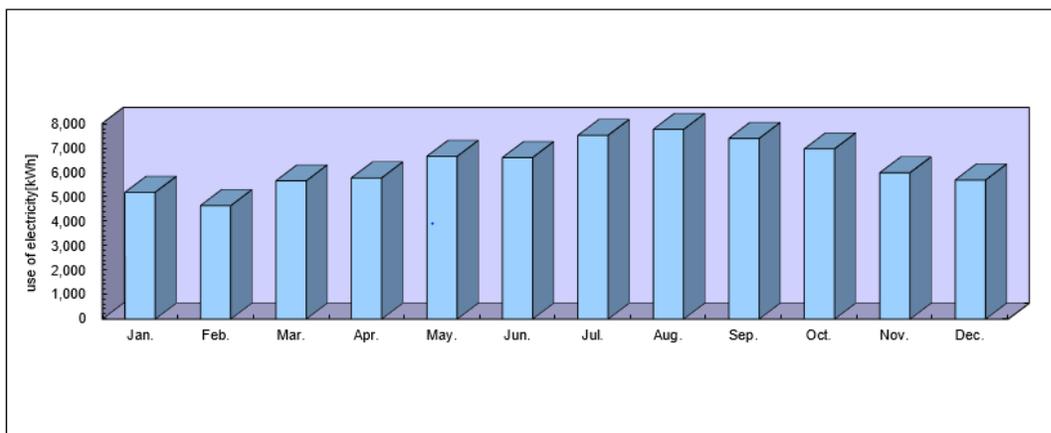
Después de instalar los equipos de aire acondicionado, un año después se recopiló esta información. La información muestra que la cantidad de uso de energía disminuyó como resultado del nuevo equipo.

Tabla LXII. **Tabla consumo de energía eléctrica del sistema VRV a un año de su instalación**

		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Sum.
LOAD	[MBH]	82,371	73,596	92,640	95,777	112,142	111,694	130,437	136,211	128,543	118,345	99,769	92,959	1,274,484
POWER CONSUMPTION	Outdoor Unit	4,273	3,815	4,740	4,891	5,741	5,721	6,600	6,843	6,503	6,047	5,102	4,777	65,055
	Indoor Unit(Fan)	906	819	906	877	906	877	906	906	877	906	877	906	10,672
	Ventilation fan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	5,179	4,634	5,647	5,769	6,648	6,598	7,506	7,750	7,381	6,954	5,979	5,683	75,727

Fuente: elaboración propia, realizado con Daikin VRV System Energy Calculation Tool 2021.

Figura 44. **Gráfica consumo de energía eléctrica del sistema inverter a un año de su instalación**



Fuente: elaboración propia, realizado con Daikin VRV System Energy Calculation Tool 2021.

El gráfico anterior ilustra el consumo anual de energía eléctrica en kilovatios hora. También muestra la variación del consumo de energía a lo largo del año debido a los cambios estacionales. Adicionalmente, cabe señalar que este equipo consumirá 75.727 kWh de energía al año.

Tabla LXIII. Tabla de carga térmica y consumo esperado a un año de la instalación del sistema VRV

Building Load			Occurrence		Total		Outdoor Temp.	Outdoor Unit	Indoor Unit	Ventilation	System	Range of Load
[%]	[USRT]	[MBH]	[%]	[h]	[USRT-h]	[MBH-h]	[degF]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	
100%	79	948	0.7%	18.6	1,501.4	18,017.1	84.6	877	84	0	962	95%<=Load
90%	71	853	2.2%	57.1	3,973.0	47,676.5	80.1	2,285	260	0	2,545	85%<=Load<95%
80%	63	758	7.5%	194.3	12,111.0	145,332.3	75.7	7,138	884	0	8,022	75%<=Load<85%
70%	55	664	20.1%	525.0	28,637.7	343,652.3	71.2	17,612	2,388	0	20,000	65%<=Load<75%
60%	47	569	21.4%	557.1	26,212.8	314,553.1	66.8	16,206	2,534	0	18,740	55%<=Load<65%
50%	39	474	20.1%	523.6	20,495.3	245,943.3	62.3	12,539	2,381	0	14,920	45%<=Load<55%
40%	32	379	11.8%	306.4	9,588.5	115,061.5	57.8	5,940	1,394	0	7,333	35%<=Load<45%
30%	24	284	4.6%	119.3	2,905.8	34,869.8	53.4	1,887	543	0	2,429	25%<=Load<35%
20%	16	190	1.6%	42.1	751.0	9,011.4	48.9	542	192	0	734	15%<=Load<25%
10%	8	95	10.1%	263.6	30.6	366.8	44.5	29	13	0	42	Load<15%
Totals			100.0%	2,607.1	106,207.0	1,274,484.1	-	65,055	10,672	0	75,727	-
Yearly Cost at			0.09	[Dollars/kWh]				\$5,855	\$960	\$0	\$6,815	-

Fuente: elaboración propia, realizado con Daikin VRV System Energy Calculation Tool 2021.

En esta tabla se muestra el porcentaje de carga que tendrán los equipos, ya que no siempre funcionan a su máxima potencia, así mismo teniendo la proyección del consumo anterior también se tiene el costo total de energía que se tendrá al año tomando en cuenta el costo de Kwh usado en capítulos anteriores de Q. 0.707589 por cada Kwh, se tiene un total de \$. 6,815.00 que equivale a Q. 52,475.50 al año.

15. COORDINACIÓN DE PROTECCIONES EN BAJA TENSIÓN

15.1. Normas y reglamentos

En relación a la coordinación de protecciones en el ámbito de instalaciones eléctricas es muy importante conocer las bases para la correcta instalación, operación y que realicen de manera segura su función, que es proteger los componentes eléctricos de corto circuito o aumentos de voltajes bruscos que puedan llegar hacia los equipos de cómputo o cualquier otro provocando daños irreparables en los equipos, reflejándose en un gasto para reponer estos equipos.

En este capítulo, se analizan las protecciones de los equipos relacionadas con la electricidad de baja tensión. Es decir, se refiere a voltajes de 120 y 240 voltios en industrias que utilizan 240 y 480 voltios. Hablaremos sobre los diferentes tipos de equipos que se pueden conectar a estos voltajes, así como los efectos que tienen sobre los valores de corriente y voltaje.

Actualmente, los estándares IEEE, IEC y ANSI no establecen un estándar universal para determinar los niveles de voltaje. En cambio, no existe un estándar para media tensión, alta tensión o baja tensión. El único estándar es que bajo voltaje se refiere a un voltaje de menos de 1,000 voltios.

La Comisión Nacional de Electricidad de Guatemala, o CNEE, es el organismo encargado de cumplir con las normas eléctricas de la nación. También se establece que los voltajes menores o iguales a 1000 voltios se consideran de bajo voltaje.

A continuación, se mencionará las principales normas usadas en el ámbito eléctrico, la primera de ellas son las normas NEMA (National Electrical Manufacturers Association), estas normas son las encargadas de definir un producto, proceso o procedimiento haciendo referencia a características específicas.

La norma IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) para esta subsección, hace referencia específica a la norma IEC 529 o la norma de clasificación IP. Esta norma describe los sistemas que clasifican el nivel de seguridad de las cajas de protección para equipos eléctricos. El grado de protección se define a través del código IP, que puede estar compuesto por hasta cuatro dígitos; sin embargo, lo más común es que solo se utilicen dos. El primer dígito indica el grado de protección contra la entrada de objetos sólidos extraños y el acceso a partes peligrosas. El segundo dígito indica el grado de protección contra la entrada de agua. El tercer dígito indica un grado de protección contra la entrada de personas en cuanto al acceso a partes peligrosas, y el último y cuarto dígito se utilizan en casos especiales o extraordinarios para agregar información adicional.

Tabla LXIV. **Primer dígito protección IP**

1er Dígito contra ingreso de objetos sólidos	
0	Sin protección
1	Protegida contra los cuerpos sólidos de mas de 50 mm
2	Protegida contra los cuerpos sólidos de mas de 12 mm
3	Protegida contra cuerpos sólidos de mas de 2,5 mm
4	Protegida contra cuerpos sólidos de mas de 1 mm
5	Protegida contra penetración de polvo
6	Protegida totalmente contra polvo

Fuente: PETZL. (2021). *Índice de protección IP y CEM*. Consultado el 18 de mayo de 2021. Recuperado de <https://www.petzl.com/INT/es/Profesional/%C3%8Dndice-de-proteccion-IP-y-CEM?ProductName=RUBBER>.

Tabla LXV. Segundo dígito protección IP

2do Dígito protección contra el agua	
0	Sin protección
1	Protegida contra la caída vertical de gotas de agua
2	Protegida contra la caída vertical de agua con una inclinación máxima de 15°
3	Protegida contra lluvia con inclinación máxima de 60°
4	Protegida contra las salpicaduras de agua desde todas las direcciones, ingreso limitado sin efectos perjudiciales
5	Protegida contra chorros de agua a baja presión desde todas las direcciones, ingreso limitado permitido
6	Protegida contra los chorros de agua a alta presión desde todas las direcciones, ingreso limitado permitido
7	Protegida contra los efectos de la inmersión temporal de agua

Fuente: PETZL. (2021). *Índice de protección IP y CEM*. Consultado el 18 de mayo de 2021. Recuperado de <https://www.petzl.com/INT/es/Profesional/%C3%8Dndice-de-proteccion-IP-y-CEM?ProductName=RUBBER>.

15.2. Tipos de cargas en instalaciones de baja tensión

La electricidad tiene tres categorías de carga: resistiva, capacitiva e inductiva. Algunos ejemplos de cada tipo de carga son: una cafetera resistiva, un motor inductivo y un banco de capacitores. Casi todos los lugares con electricidad tienen al menos un tipo de carga, más comúnmente en combinación.

Para determinar el tipo de carga que predomina en una determinada instalación, se realiza un análisis para determinar los valores de un circuito. Esto determina las cargas representadas por la impedancia (Z), en las que la resistencia y la reactancia se combinan para formar X. La expresión se parafrasea así:

$$Z = R \pm jX$$

15.3. Normas usadas

La Comisión Nacional de Energía Eléctrica, o CNEE, establece las normas para el sistema eléctrico de Guatemala. Actualmente, sus normas se aplican en el país.

- NEAST: los nuevos sistemas eléctricos requieren la creación de nuevos estudios eléctricos.
- NTAUCT: para ser aceptado en el programa de estudios eléctricos del sistema de transporte de la CNEE, los solicitantes primero deben completar el NTAUCT.
- NTSD: aclara los derechos y responsabilidades de los distribuidores y consumidores de electricidad.
- NSP: cuando sea necesario, el NSP salvaguarda al público y su trabajo durante el mantenimiento del embalse.
- NTDOID: formaliza las pautas necesarias para el correcto funcionamiento de las instalaciones de distribución.
- NTDOST: determina qué tipo de instalaciones de transporte se pueden crear y utilizar.
- NTCSTS: establece un criterio de índice del servicio de transmisión de energía eléctrica.

- NTT: este documento detalla los procedimientos para desarrollar el plan de expansión de transmisión eléctrica.

15.4. Motores

En este capítulo se mencionarán únicamente a los motores de inducción a grandes rasgos, ya estos se usan comúnmente en la industria por sus múltiples funciones o aplicaciones, estos motores se componen de 2 partes: el estator que es la parte inmóvil, y el rotor la parte que gira y que también se encuentra en cortocircuito; estos motores también son llamados asíncronos debido que la frecuencia de la instalación eléctrica no determina su velocidad, con estos motores es posible hacerlos funcionar en situaciones adversas, debido a su construcción robusta y su rotor en forma de jaula de ardilla, presentando un excelente servicio llevando a cabo un ligero mantenimiento, un dato importante es que su funcionamiento es parecido a un transformador.

15.5. Cargas resistivas

Estas cargas son las comunes en las instalaciones eléctricas, estas cuando pasa electricidad sobre ellas no producen calor, así mismo con las cargas que representan la mayoría de consumo de potencia activa.

En este tipo de cargas, la corriente y el voltaje se encuentran en fase, es decir, posee un factor de potencia igual a 1, estas se representan con resistencias eléctricas que son expresadas en Ohm, ejemplos de estas cargas son: las bombillas incandescentes, los calentadores, entre otros.

15.6. Potencia instalada

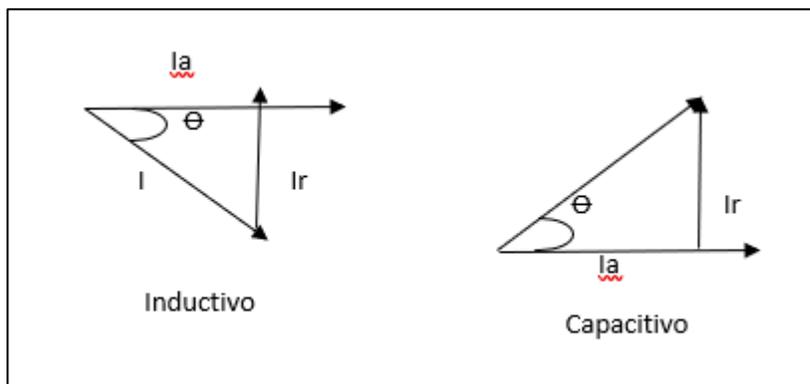
Como medida de la potencia instalada, la corriente que pasa a través de un equipo se eleva al cuadrado y el voltaje entre el equipo y la fuente de corriente se eleva al cuadrado.

Los dispositivos eléctricos vienen con tres tipos diferentes de carga: inductiva, capacitiva y resistiva.

Tanto la inducción eléctrica como la magnética almacenan energía en forma de campos eléctricos y magnéticos. Los equipos capacitivos almacenan energía en forma de campo eléctrico cuando se cargan y luego la devuelven cuando se descargan.

Al describir la potencia eléctrica de equipos que utilizan potencias inductivas y capacitivas, se considera una diferencia de fase Φ . Se utiliza un circuito de corriente alterna para demostrar esto.

Figura 45. Efecto inductivo y capacitivo



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft PowerPoint 365.

Se define como componente activa de la corriente a “Ia” la cual está en fase con el voltaje o tensión y la componente reactiva “Ir” la que está a 90° de la tensión, siendo sus valores:

$$I_a = I * \text{Cos } \Phi \quad I_r = I * \text{Sen } \Phi$$

El resultado del producto de la corriente o intensidad y la de cada uno de sus componentes da como resultado las 3 diferentes potencias que se presentan en un circuito las cuales son potencia aparente (S), activa (A) y reactiva (Q), que se representa de la siguiente manera.

$$S = I * V \quad P = I * V * \text{Cos } \Phi \quad Q = I * V * \text{Sen } \Phi$$

La potencia instalada en una instalación está descrita por una función de valores eficaces y valores cuadráticos de la diferencia de voltaje entre los equipos y la corriente que pasa a través de ellos.

En toda instalación eléctrica hay 3 tipos de cargas instaladas: las resistivas, las capacitivas y las inductivas.

Los equipos inductivos con capaces de almacenar energía en forma de campo magnético y los equipos capacitivos con capaces de almacenar energía en forma de campo eléctrico cuando se carga y luego es devuelta cuando se descarga.

La potencia aparente es la cantidad total de energía generada en un momento específico. Puede ser trabajo o calor y se utiliza para crear campos magnéticos y eléctricos con equipos inductivos y capacitivos. Llamada S, la medida de esta energía es VA (un voltamperio) en un circuito.

La energía eléctrica se deriva de la energía activa, que es el término para la energía en movimiento. Se puede transformar en luz, energía mecánica y más a través de un proceso llamado termoelectricidad. Para medir la potencia, las personas usan la letra P, para indicar la demanda eléctrica. Esta letra se usa para indicar la potencia de la energía eléctrica: la cantidad de energía utilizada por el equipo resistivo.

La potencia reactiva es una energía que realmente no se consume dentro de una instalación y tampoco produce ningún trabajo útil, es la energía que se encuentra cuando hay cargas capacitivas e inductivas, esta potencia se denomina con la letra Q y es medida en voltamperios reactivos (VAR).

15.7. Selección de transformador

En cualquier instalación eléctrica la selección del transformador es algo que debe hacerse minuciosamente, para lo cual se toman en cuenta ciertas características que deben tomarse en cuenta debido al inconveniente que puede representar el quedar fuera un transformador para las empresas:

Al calcular la carga del equipo que se alimenta, primero se debe considerar el transformador. Si esto no se hace, el transformador se sobrecalentará y dañará el aislamiento del equipo, lo que puede hacer que se descomponga más rápido y cueste más en costos iniciales. Si se conecta menos equipo eléctrico al transformador, será sobredimensionado y más caro de lo necesario.

Después de decidir la carga, determine el voltaje de su línea de media tensión usando mediciones de corriente y voltaje. Luego elija la salida del transformador considerando el voltaje de entrada. Debido a que una selección

incorrecta podría dañar el equipo o hacer que no funcione, seleccionar el voltaje incorrecto puede causar problemas con cualquier equipo eléctrico o electrónico.

La tercera selección que debe considerar es la frecuencia de funcionamiento. Considere seleccionar un transformador con una frecuencia de 60 Hz o una frecuencia de 50 Hz. Si elige un transformador con una frecuencia de 60 Hz, pero está instalado en una red de 50 Hz, hará que el núcleo del transformador se sature. Esto provocará el deterioro del aislamiento y pérdidas sin carga en los equipos del transformador. Si elige un transformador de 50 Hz, se sobrecalentará y perderá energía. Esto provocará un aumento de los costes y problemas de aislamiento si se conecta a una red de 60 Hz.

Otra consideración al elegir un método de enfriamiento es la aplicación prevista del transformador. Esto determina sus características físicas, como su vida útil máxima y su potencia de salida.

Considerado como un todo, su transformador puede durar más tiempo teniendo en cuenta estos factores.

16. CONEXIONES DE LA RED DE BAJA TENSIÓN

16.1. Tipos de conexiones a la red

Existe varias normas que indican lo relacionado a los diferentes tipos de conexiones a la red, los cuales se describirán a continuación.

16.1.1. Normas Usadas

- Normas NEC y NFPA

NEC y NFPA son asociaciones nacionales de protección contra incendios. Sus reglamentos establecen estándares para instalaciones eléctricas seguras. Estas pautas recomiendan evitar incendios causados por arcos eléctricos y cortocircuitos siguiendo el artículo 250 del código. Al cumplir con este artículo, los propietarios pueden instalar de manera segura sistemas de puesta a tierra para sus terrenos.

La norma NFPA 75 detalla el tema de "Protección de computadoras electrónicas y equipos de procesamiento de datos". Establece que las partes metálicas expuestas que no sean portadoras de corriente y que no pertenezcan a un sistema de procesamiento de datos, deberán ser puestas a tierra de acuerdo al artículo 250 de la NFPA.

El artículo 800 se refiere a los circuitos de comunicación que deben ser puestos a tierra una vez que pasen por edificios con pisos metálicos. Esto se puede hacer conectando el cable lo más cerca posible del suelo o dividiéndolo

en partes más pequeñas y aislando cada parte con alguna otra forma de aislamiento.

16.1.2. Esquema de conexiones

Los diagramas de la red de distribución eléctrica dependen del peso de la conexión a tierra de la instalación receptora, así como de su tipo.

Este sistema marca a sus integrantes mediante un código numérico con la siguiente interpretación:

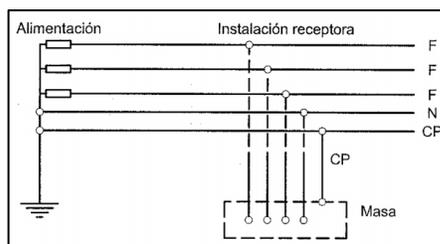
- Primera letra: muestra el estado del suelo de la tierra en su conjunto.
- T = indica que el neutro está ligado directamente a tierra.
- I = proporcionando un completo aislamiento de todas las secciones activas respecto a tierra o vía impedancia.
- Segunda letra: describe la situación general de los habitantes del nuevo mundo con respecto al planeta que habitan.
- T = indica que las masas están conectadas directamente a tierra, independiente de la puesta a tierra de la alimentación.
- N = indica que las masas están conectadas directamente al punto de alimentación puesto a tierra.
- Otras letras (ocasionales): istas hacen referencia al estado relativo del conductor de neutro y el conductor de protección.

- S = indica las funciones tanto del neutro como de la protección, cuando está en conductores separados.
- C = indica las funciones del neutro y de protección juntos en un solo conductor (Conductor CPN).

Teniendo en cuenta el significado de cada letra podemos definir algunos esquemas usados en las conexiones de baja tensión.

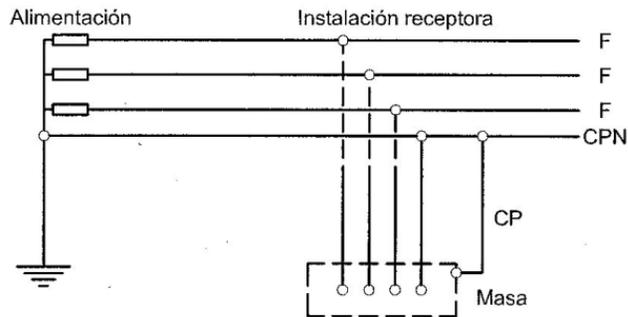
La masa eléctrica de las cargas conectadas a los esquemas TN-C, TN-S y TN-CS debe estar puesta a tierra a través del neutro. Esto se debe a que la energía en estos esquemas a veces se filtra a tierra a través de una conexión defectuosa entre el neutro y una de las fases. Como resultado, es aceptable usar protección contra sobrecorriente como fusibles o interruptores en estas circunstancias. Esto se debe a que la fuga de corriente al suelo puede representar un riesgo de incendio en algunos escenarios, por lo que no se recomienda conectar edificios a estos esquemas cuando existe una alta probabilidad de incendio. Además, también va en contra de las reglas alimentar estos edificios con sistemas públicos de electricidad de bajo voltaje.

Figura 46. **Esquema tipo TN-S**



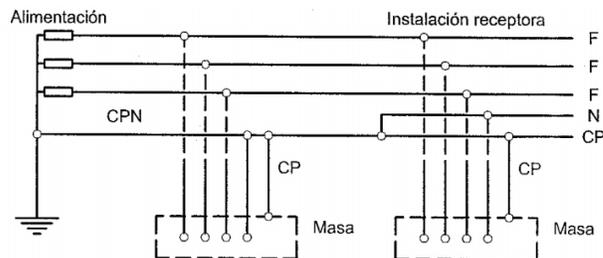
Fuente: Ministerio de Ciencias y Tecnología. (2022). *Sistemas de conexión del neutro y de las masas en redes de distribución de energía eléctrica.*

Figura 47. **Esquema Tipo TN-C**



Fuente: Ministerio de Ciencias y Tecnología. (2022). *Sistemas de conexión del neutro y de las masas en redes de distribución de energía eléctrica.*

Figura 48. **Esquema Tipo TN-C-S**

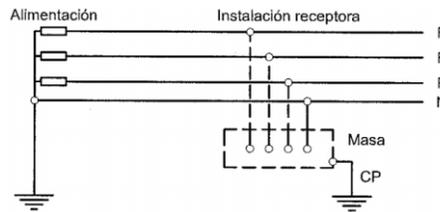


Fuente: Ministerio de Ciencias y Tecnología. (2022). *Sistemas de conexión del neutro y de las masas en redes de distribución de energía eléctrica.*

Los suministros de energía de baja tensión que utilizan la red eléctrica pública deben tener conexiones TT. Estos estados del neutro es una tierra llamada tierra de servicio y todas las cargas eléctricas conectadas están vinculadas a otro término llamado tierra de protección. Un componente adicional, llamado tierra, conecta la tierra de servicio con la tierra de protección para que no haya diferencia de voltaje entre ellos.

Debido a la pequeña magnitud de la corriente que fluye hacia la tierra, es poco probable que se detecten sobrecorrientes. Debido a esto, los interruptores se utilizan en lugar de los dispositivos de protección de detección de corriente. Los diferenciales también se utilizan junto con interruptores en la mayoría de los casos.

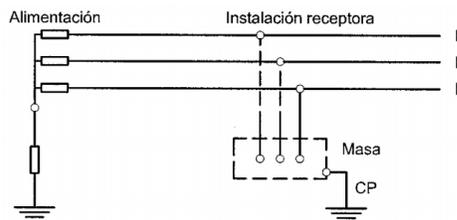
Figura 49. **Esquema Tipo TT**



Fuente: Ministerio de Ciencias y Tecnología. (2022). *Sistemas de conexión del neutro y de las masas en redes de distribución de energía eléctrica.*

El otro tipo de esquema es el IT, el cual se puede usar aislando el sistema de alimentación con el de la tierra o conectando una impedancia elevada al neutro, este esquema es el que se utiliza en laboratorio o áreas de usos médicos.

Figura 50. **Esquema Tipo IT**



Fuente: Ministerio de Ciencias y Tecnología. (2022). *Sistemas de conexión del neutro y de las masas en redes de distribución de energía eléctrica.*

16.1.3. Tipos de conexiones

La Empresa Eléctrica de Guatemala, S. A., es propietaria de una red eléctrica de baja tensión. Esto les permite proporcionar electricidad al público. Cualquier nueva solicitud de conexión de servicio eléctrico presentada por una escuela pública guatemalteca debe cumplir con las normas adecuadas para la construcción de conexiones de servicio eléctrico (NT2.60.03). Estos estándares están destinados a delinear todos los criterios necesarios que deben cumplirse para solicitar una conexión a esta red eléctrica.

La Empresa Eléctrica de Guatemala, SA utiliza la norma NT 2.00.01 para procedimientos técnicos. Esta norma cubre cargas monofásicas y trifásicas. Las tensiones cubiertas por esta norma se enumeran en su primer párrafo:

- 120/240 Voltios monofásico 3 alambres 120/208 Voltios monofásico 3 alambres.
- 120/240 Voltios trifásico 4 alambres 120/208 Voltios trifásico 4 alambres.
- 240/480 Voltios trifásico 4 alambres.

16.2. Normas aplicables

Este caso debe cumplir con los estándares establecidos por IEEE 142, NEC 70, IEC 60354 y NFPA 70. Cada uno de estos estándares es equivalente entre sí y son intercambiables desde una perspectiva de perspectiva. Ningún estándar reemplaza a los demás porque no existe un acuerdo universal entre ellos.

Existen muchas otras normas para temas de electricidad entre los cuales están las IEC, IEEE, ANSI y DIN, cada una de ellas es totalmente valida en su

país o región pero en Guatemala se trabaja mucho bajo las normas IEEE y las normas ANSI, aunque hay casos donde varias empresas o personas también se rigen por las normas IEC y DIN; lo importante es al momento de realizar algún proyecto o conexión eléctrica escoger una norma y realizar todos los trabajos siempre rigiéndose bajo la misma norma, y si así mismo algún cambio o reparación siempre consultar la misma norma con la que fue fabricado.

- Tipos de fallas

Los sistemas eléctricos que necesitan durar deben diseñarse de acuerdo con los estándares específicos para el tipo de trabajo que realizan. Sin embargo, es importante tener en cuenta los defectos inherentes de cualquier sistema al construirlo. Muchos sistemas fallan debido al desgaste natural de los componentes o a los fenómenos aleatorios que con frecuencia provocan fallas.

Siendo este un problema presente en sistemas eléctricos se ha ideado la forma en que se pueden enfrentar dichos fenómenos con sistemas de protección estos están compuestos por:

- Transformadores de instrumentos: son los elementos que disminuyen las señales de voltaje y corriente, a valores que puedan ser leídos por los relés de protección, estos son los transformadores de corriente y transformadores de voltaje.
- Relés de protección: estos equipos son los que se disparan o se apertura en caso de presentarse una falla.

- Interruptores: equipos que se encargan de abrir o cerrar sistemas eléctricos.
- Alimentación de sistema de protecciones: son sistemas que alimentan los interruptores o los relés, estos poseen alimentación independiente por medio de baterías.
- Sistema de comunicaciones: este sistema permite saber el estado actual de los interruptores y relés para poder tomar decisiones.

Es importante mencionar que una falla eléctrica puede ocurrir en cualquier parte del sistema eléctrico, los dispositivos mencionados anteriormente están instalados para proteger el fluido eléctrico y los equipos que estén conectados al mismo.

Para que estos equipos puedan trabajar de manera correcta, los relés o interruptores se deben ajustar al rango de valores en lo que deben trabajar, esto es llamado también coordinación de protecciones, estos valores se obtienen mediante un estudio de fallas, cabe mencionar que este estudio es bastante amplio, a continuación, únicamente se mencionarán los más importantes.

- **Falla entre 2 fases**

Puede darse cuando hay una conexión de 2 fases distintas de un sistema eléctrico, este tipo de falla se define como la más peligrosa debido a que provoca una corriente mayor a la que se provoca de una falla de fase a tierra.

- **Falla de fase a tierra**

Este tipo de fallas se provoca cuando una fase del sistema se conecta a tierra; puede darse por una conexión accidental de una fase con alguna superficie aterrizada, este tipo de falla posee una corriente de falla de 75 % de una corriente de fase a fase.

Este tipo de falla puede limitarse en tiempo debido a que la fase aterrizada ofrece una trayectoria de baja resistividad para que la falla ocasione la operación de los dispositivos de protección.

17. CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO

17.1. Cálculo de corriente de C.C

En cualquier sistema eléctrico es importante tomar en cuenta no solo las corrientes de funcionamiento normal, sino hay que tomar en cuenta las sobre corrientes y los corto circuitos.

Para entender de mejor forma hay que tomar en cuenta que un cortocircuito es una conexión de muy poca resistencia que se da entre dos o más puntos de un sistema eléctrico que poseen voltajes diferentes, estos se caracterizan por un aumento instantáneo y mayor a la corriente nominal del circuito, en cambio una sobrecarga es caracterizada por un incremento de corriente pero que se mantiene por un intervalo de tiempo, pero siempre mayor a la corriente nominal.

Para el cálculo de estos fenómenos hay varios métodos, en este capítulo veremos únicamente los referentes a los de corto circuito.

17.1.1. Efectos del C.C.

Cuando en un circuito eléctrico se da un corta circuito se producen ciertos efectos lo cuales son:

- **Efectos térmicos:** cuando hay un cortocircuito esto equivale a una corriente elevada, esta corriente por efecto Joule genera calentamiento en los

conductores que en la mayoría de las ocasiones provoca la destrucción del conductor.

- Efectos electrodinámicos: en un cortocircuito aparecen fuerzas de atracción o también de repulsión que se generan debido a los efectos del campo magnético que se crea alrededor de la corriente estas fuerzas son directamente proporcionales al producto las corrientes y también son inversamente proporcionales a la distancia entre los conductores, lo cual las hace muy elevadas teniendo la capacidad de destruir barras de conexión.

17.2. Uso del método de impedancias

Este método utiliza las interacciones medidas entre la resistencia y la reactancia para ubicar dónde se encuentra una falla. Determina la reactancia equivalente a través de la medición.

17.2.1. Cálculo

El cálculo de las corrientes de cortocircuito y falla, utilizando la ley de Ohm, solo funciona si los elementos del circuito se conocen con precisión.

Usando la siguiente ecuación:

17.2.2. Determinación de impedancias

Se utilizan diferentes fórmulas y métodos para calcular la impedancia. Esto se puede ver en la explicación a continuación.

- Impedancia Equivalente en Porcentaje

Cuando el voltaje cae por debajo del % de pérdida o del % de ganancia, se dice que la impedancia es alta o baja en porcentaje. La corriente nominal y su tensión asociada se muestran en la siguiente tabla:

$$Z(\%) = \frac{100 * Z * I_n}{V_n}$$

Donde:

Z(%) = impedancia en porcentaje

Z = impedancia (Ω)

I_n = corriente nominal (A)

V_n = voltaje nominal (V)

Si se toma en cuenta que el circuito es trifásico equilibrado, a la ecuación anterior se le puede agregar la potencia nominal aparente:

$$S = \sqrt{3} * V_n * I_n$$

$$U_n = \sqrt{3} * V_n$$

Donde:

S = potencia nominal aparente (VA)

U_n = voltaje nominal aparente (V)

Despejando las ecuaciones de potencia nominal aparente y tensión nominal compuesta se obtiene la siguiente ecuación:

$$S = \sqrt{3} * Vn * In \Rightarrow In = \frac{S}{\sqrt{3} * Vn}$$

$$Un = \sqrt{3} * Vn \Rightarrow Vn = \frac{Un}{\sqrt{3}}$$

Y sustituyendo las ecuaciones anteriores en las ecuaciones de impedancias en porcentaje se obtiene:

$$Z(\%) = \frac{100 * Z * \left(\frac{S}{\sqrt{3} * Un} \right)}{\frac{Un}{\sqrt{3}}} \Rightarrow \frac{100 * z * S}{Un^2}$$

Esta expresión permite calcular el valor absoluto de las impedancias.

- Conversión de impedancias

En el cálculo de cortocircuitos usando valores en porcentaje permite poder referir equipos que poseen diferente nivel de voltaje, referirlos a un único valor de tensión, a continuación se describirá la forma de hacerla para diferentes tipos de equipos:

- Red de distribución

Las empresas distribuidoras de energía eléctrica estiman el valor de la potencia inicial de cortocircuito simétrico en el punto de conexión mediante la siguiente expresión:

$$Zq = \frac{Unq}{\sqrt{3} * I''kq} = \frac{Un^2}{S''kq}$$

Donde:

Z_d = valor absoluto de la impedancia de cortocircuito

I''_{kq} = corriente de cortocircuito simétrica inicial

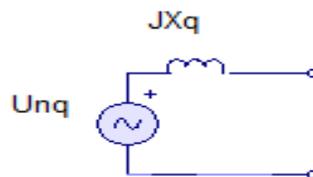
U_{nq} = tensión nominal eficaz de línea de red

Para sistemas eléctricos de baja tensión se despreciará la componente resistiva de cortocircuito de la instalación, por lo cual:

$$\overline{Z}_q = R_q + jX_q \text{ donde } R = 0 \Rightarrow \overline{Z}_q = jX_q$$

En modelo de una red de distribución quedaría así:

Figura 51. **Circuito equivalente para una red de distribución**



Fuente: elaboración propia, realizado con Flo Pro Designer 3.0.

- Transformadores

Para calcular la impedancia equivalente de los transformadores se usa la tensión de cortocircuito que se obtiene cuando se realiza el ensayo de cortocircuito al mismo:

Donde:

$$Z_t = \frac{U_{kt(\%)}}{100} * \frac{Un^2}{Sn} = \sqrt{R_t + X_t}$$

Donde:

S_n = potencia aparente nominal del transformador

U_n = tensión nominal eficaz de línea del lado de baja tensión

U_{kt} (%) = tensión del cortocircuito

Para este caso la impedancia de cortocircuito se calcula tomando en cuenta las pérdidas en el cobre y la corriente nominal.

$$R_t = \frac{P_{cu}}{3 I_n^2} \quad X_t = \sqrt{Z_t^2 - R_t^2} \quad \bar{Z}_t = R_t + jX_t$$

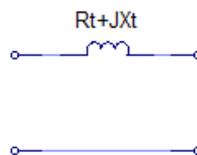
Donde:

P_{cu} = pérdidas en el cobre

I_n = corriente nominal

En su modelo equivalente para transformadores quedaría así:

Figura 52. **Circuito equivalente para transformadores**



Fuente: elaboración propia, realizado con Flo Pro Designer 3.0.

- Conductores

Para conductores los valores de reactancias y resistencias de los conductores se obtiene con los datos de manuales y fabricantes y se usa la siguiente ecuación:

$$\overline{Zl} = (Rl + jXl) * L = \overline{Zl} = \left(\frac{\rho}{S} + jXl\right) * L$$

Donde:

S = sección del conductor en mm

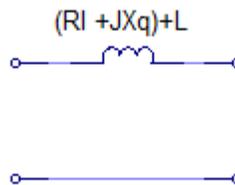
$Rl = \frac{\rho}{S}$ = resistencia por unidad de longitud (Ω/m)

Xl = reactancia por unidad de longitud

L = longitud del conductor

Para los conductores el circuito equivalente quedaría de la siguiente forma:

Figura 53. **Circuito Equivalente para conductores**



Fuente: elaboración propia, realizado con Flo Pro Designer 3.0.

- Generadores y motores síncronos

Para este tipo de elementos que están conectados a un circuito es necesario usar una reactancia llamada transitoria en porcentaje (%):

$$X'' = \frac{X_d''}{100} * \frac{Un^2}{Sn}$$

Donde:

S_n = potencia nominal de la maquina

U_n = tensión nominal eficaz del generador

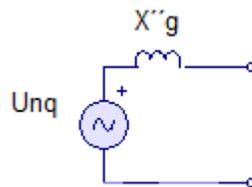
$X_{d''}$ = reactancia subtransitoria

Si existe un elemento resistivo este se desprecia

$$\overline{Z}_g = jX_g$$

Por lo cual el modelo equivalente sería el siguiente:

Figura 54. **Circuito equivalente para generadores y motores síncronos**



Fuente: elaboración propia, realizado con Flo Pro Designer 3.0.

- Motores asíncronos

Para motores asíncronos, la reactancia que se utiliza en instalación en BT para poder realizar el cálculo de cortacircuito es determinada por la corriente de arranque del motor, para lo cual se asumirá que la corriente de arranque es igual a la corriente de cortacircuito.

$$X_m = \frac{U_n}{\sqrt{3} * I_a} = \frac{I_n}{I_a} * \frac{U_n}{\sqrt{3} * I_n} = \frac{I_n * U_n^2}{I_a * S_n}$$

Donde:

I_n = corriente nominal de línea del motor

I_a = corriente de arranque del motor

S_n = potencia nominal aparente del motor

U_n = tensión nominal eficaz de línea

Para instalaciones de baja tensión existen una gran cantidad de motores asíncronos, por lo cual es común que se presenten falta de datos de estos, para este caso, un grupo de motores se modela como un solo motor equivalente que incluye los cables de conexión tomando válidas estas aproximaciones:

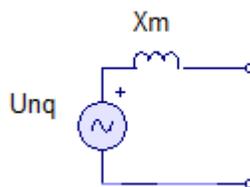
$$I_a \cong 5 I_n \quad \eta * \cos\varphi = 0.8$$

Por lo tanto, la impedancia equivalente de un grupo de motores sería:

$$X_{me} = 0.2 \frac{U_n^2}{\sum S_n} \Rightarrow \bar{Z}_{me} = jX_{me} = 0.2j \frac{U_n^2}{\sum S_n}$$

Por lo cual el circuito equivalente para moto asíncrono sería:

Figura 55. **Circuito Equivalente para motores asíncronos**



Fuente: elaboración propia, realizado con Flo Pro Designer 3.0.

Teniendo estas ecuaciones se puede conectar y se puede convertir un circuito complejo de varios elementos a un circuito que tiene conectadas varias impedancias, y así poder calcular la corriente de cortacircuitos en cualquier parte del circuito.

17.3. Uso del método de componentes simétricas

Este método es muy efectivo cuando existen defectos de redes trifásicas desequilibradas, debido a que las impedancias normales no se utilizan debido a fenómenos magnéticos; por lo cual se usará en los siguientes casos:

- Cuando sea un sistema no simétrico de corrientes y tensiones, como lo son los cortacircuitos monofásicos, bifásicos o bifásico a tierra.
- Si dentro del sistema hay gran cantidad de máquinas rotativas y transformadores los cuales posean conexión estrella – estrella.
- Un dato que tomar en cuenta es que este método se puede aplicar a todo nivel de tensión.

17.3.1. Calculo según la norma IEC60909 y norma IEEE

Un procedimiento que puede ser utilizado por personas no especializadas con el tema de las componentes simétricas es descrito en la norma IEC 60909, el cual puede ser aplicado a redes eléctricas que tengan una tensión que sea menor a 230 Kv.

Este proceso incorpora las directrices IEC 60781 para definir materiales con propiedades eléctricas. Esta información complementa el estándar de

corriente eléctrica en baja tensión, que se calcula tomando los valores de corriente de cortocircuito más alto y más bajo. Posteriormente, este procedimiento esboza los pasos a seguir para un análisis más preciso.

Cálculo de tensión equivalente en el punto de cortocircuito:

$$U_{eq} = \frac{C * U_n}{\sqrt{3}}$$

Se agrega una variable C ya que es importante tomar en cuenta los siguientes aspectos.

- Variaciones de voltaje
- Variaciones en los transformadores
- Componentes subtransitorias o alternadores

Los valores de “C” esta indicados en la siguiente tabla:

Tabla LXVI. **Factor de tensión C para cálculo de cortocircuito**

Tensión nominal U_n	Factor de tensión <i>c</i> para el cálculo de	
	las corrientes de cortocircuito máximas $c_{m\acute{a}x}$ ¹⁾	las corrientes de cortocircuito mínimas $c_{m\acute{i}n}$
Baja tensión 100 V a 1 000 V (Tabla 1 de la Norma CEI 60038)	1,05 ³⁾ 1,10 ⁴⁾	0,95
Media tensión > 1 kV a 35 kV (Tabla 3 de la Norma CEI 60038)	1,10	1,00
Alta tensión ²⁾ > 35 kV (Tabla 4 de la Norma CEI 60038)		

1) $c_{m\acute{a}x} U_n$ no debería exceder de la tensión más elevada para el material U_m de los sistemas de potencia.
2) Si no está definida la tensión nominal se debería aplicar: $c_{m\acute{a}x} U_n = U_m$ o $c_{m\acute{a}x} U_n = 0,9 \times U_m$.
3) Para sistemas de baja tensión con una tolerancia de +6%, por ejemplo sistemas renombrados de 380 V a 400 V.
4) Para sistemas de baja tensión con una tolerancia de +10%.

Fuente: IEC. (2002). *Norma Internacional CEI IEC 60909-0*.

- Sume todas las impedancias eléctricas aguas arriba cuando calcule e informe las fallas del circuito.
- Se comprende simétricamente un cálculo de la corriente de cortocircuito.
- Los cambios en Icc ("k") también rastrean otros valores como Icc pico, Icc permanente máximo o Icc permanente.
- Para calcular Icc usando este método, uno debe usar las fórmulas a continuación.

Tabla LXVII. **Formulas cálculos de cortocircuito**

Cortocircuito	Cortocircuito trifásico	Cortocircuito bifásico	Cortocircuito monofásico a tierra
Corriente de cortocircuito simétrica inicial	$I''_{k3M} = \frac{cU_n}{\sqrt{3} Z_M}$ (91)	$I''_{k2M} = \frac{\sqrt{3}}{2} I''_{k3M}$ (92)	Véase el apartado 4.7
Valor de cresta de la corriente de cortocircuito	$i_{p3M} = \kappa_M \sqrt{2} I''_{k3M}$ (93)	$i_{p2M} = \frac{\sqrt{3}}{2} i_{p3M}$ (94)	$i_{p1M} = \kappa_M \sqrt{2} I''_{k1M}$ (95)
	Motores de media tensión: $\kappa_M = 1,65$ (correspondiente a $R_M/X_M = 0,15$) para motores de potencia por par de polos < 1 MW $\kappa_M = 1,75$ (correspondiente a $R_M/X_M = 0,10$) para motores de potencia por par de polos ≥ 1 MW Grupos de motores de baja tensión con cables de conexión: $\kappa_M = 1,3$ (correspondiente a $R_M/X_M = 0,42$)		
Corriente de cortocircuito simétrica de corte	$I_{b3M} = \mu q I''_{k3M}$ (96)	$I_{b2M} = \frac{\sqrt{3}}{2} I''_{k3M}$ (97)	$I_{b1M} = I''_{k1M}$ (98)
	μ según la ecuación (70) o la figura 16, con I''_{kM} / I_{tM} . q según la ecuación (73) o la figura 17.		
Corriente de cortocircuito permanente	$I_{k3M} = 0$ (99)	$I_{k2M} = \frac{\sqrt{3}}{2} I''_{k3M}$ (100)	$I_{k1M} = I''_{k1M}$ (101)

Fuente: IEC. (2002). *Norma Internacional CEI IEC 60909-0*.

Es importante tener en cuenta la distancia entre el cortocircuito y el alternador que se está utilizando al realizar este cálculo. No es necesario utilizar dos casos diferentes o separados al realizar este cálculo.

18. DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN AUTOMÁTICOS EN BAJA TENSIÓN

Los dispositivos de protección utilizados en instalaciones de baja tensión son los interruptores automáticos, estos son aparatos que tiene la capacidad de interrumpir o cerrar los circuitos en cualquier momento, aunque se usa para poder interrumpir un circuito cuando se presente un cortocircuito o corriente de sobrecarga y permite también interrumpir un circuito asegurando el aislamiento de tensión en el circuito.

Los interruptores automáticos se han diseñado de varias formas esto debido a las necesidades de los diferentes circuitos tomando en cuenta diferentes mecanismos para poder abrir y cerrar, relés, y elementos de corte.

Para su diseño es importante también tomar en cuenta la evolución de los dispositivos conectados a los circuitos que se puede dar en una por una mayor perturbación en armónicos, esto derivado a los nuevos equipos electrónicos que cada día se conectan a los circuitos.

En las instalaciones en BT se utilizan mucho los interruptores automáticos de 1 a 6,300, y sus formas de operar pueden ser de 2 formas diferentes:

- Relé Termomagnéticos: este tipo de relés son usados sobre en el área doméstica e industrial de calibre pequeño, este tiene el relé integrado en el interruptor automático.

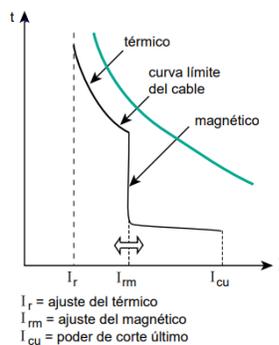
- El relé termomagnético actúa de 2 maneras: de forma térmica y de forma mecánica.
- Relé electrónico: estos anteriormente eran reservados a los interruptores automáticos de gran calibre, ahora ya se usan en toda la gama de valores, debido a que se han hecho más económicos.

Este tipo de relé con tecnología digital usa el modelo de calentamiento y enfriamiento de un conductor.

18.1. Curvas de disparo

Un interruptor protege los circuitos eléctricos evitando daños cuando se interrumpe la corriente. Estos interruptores van desde un tiempo mínimo hasta un tiempo máximo de apertura. Cuando se miden en un gráfico, estos interruptores muestran la forma de una curva y el tiempo que tarda la corriente en pasar a través de ella. Este no es un número exacto; más bien, es un rango.

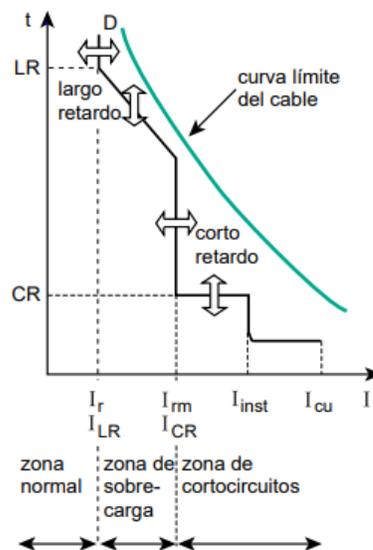
Figura 56. **Curva de disparo de un interruptor automático termomagnético**



Fuente: Collombet y Lacroix. (2001). *Los interruptores automáticos BT frente a las corrientes armónicas, transitorias y cíclicas.*

En la figura 57 se puede observar la curva de un interruptor automático termomagnético. Muestra la cantidad de energía necesaria para romper el interruptor, que depende de tres variables llamadas valores básicos: ajuste térmico, ajuste magnético y poder de ruptura.

Figura 57. **Curva de disparo de un interruptor automático electrónico**



Fuente: Collombet y Lacroix. (2001). *Los interruptores automáticos BT frente a las corrientes armónicas, transitorias y cíclicas*.

Los interruptores automáticos electrónicos brindan la capacidad de cambiar el tiempo de los eventos y mantener la selectividad de la unidad eléctrica. Este beneficio permite que los interruptores automáticos electrónicos regulen la potencia a través de la protección de transformadores, cables y alternadores. El gráfico anterior describe la curva de disparo de un interruptor automático electrónico.

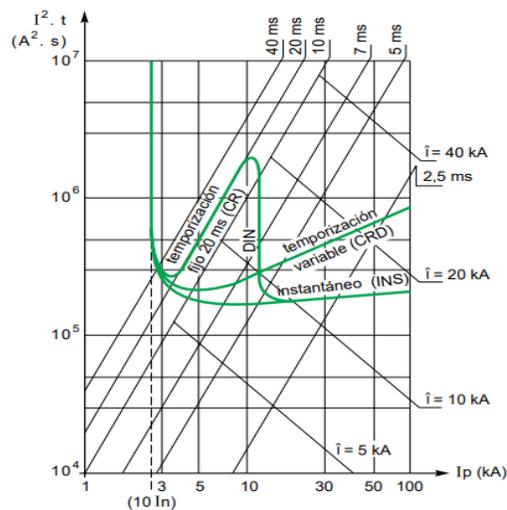
18.1.1. Magnética

El relé tipo magnético es un tipo de protección termomagnética, la cual funciona de la siguiente manera:

Para liberar un pestillo con resorte, una fuerza magnética debe pasar a través de la bobina de un circuito eléctrico. Esto crea un campo lo suficientemente fuerte como para mover una placa móvil. Una vez que se logra esto, la corriente puede fluir a través de la bobina nuevamente y realizar otra función. Un relé de este diseño suele tener un núcleo compuesto por un material magnético que sirve de armadura y una pieza exterior más móvil que protege contra cortocircuitos.

Los nuevos temporizadores de circuito comienzan con un tiempo de acción de 50 milisegundos y luego caen rápidamente por debajo de 10.

Figura 58. Curvas de relés magnéticos



Fuente: Collombet y Lacroix. (2001). *Los interruptores automáticos BT frente a las corrientes armónicas, transitorias y cíclicas*. p. 9.

18.1.2. Térmica

Las palancas térmicamente conmutables utilizan un bimetálico que se calienta a través de conductividad magnética o térmica. Esto sucede al mismo tiempo que la corriente pasa a través de él, lo cual está determinado por el valor de I . El tiempo t determina cuánto tiempo permanece encendida la palanca. La norma IEC 60847-2 establece que el 30 % de la corriente que pasa por la palanca térmicamente conmutable durante 2 horas provocará una sobrecarga. Esto es equivalente a un bimetálico que se calienta directa o indirectamente; el calentamiento indirecto es equivalente al calentamiento directo cuando se usa una batería como fuente de energía.

- Calentamiento directo: los interruptores automáticos pequeños usan bimetálicos que permiten que la corriente pase a través de ellos en la dirección de un polo magnético. Este método de calentamiento se conoce como calentamiento directo.
- Calentamiento indirecto: se produce un retraso en el calentamiento del bimetálico mediante el uso de cables aislados. Estos cables hacen circular la corriente alrededor del bimetálico y crean un aislamiento térmico directo. Los interruptores automáticos con gran resistencia aumentan esta constante de tiempo.

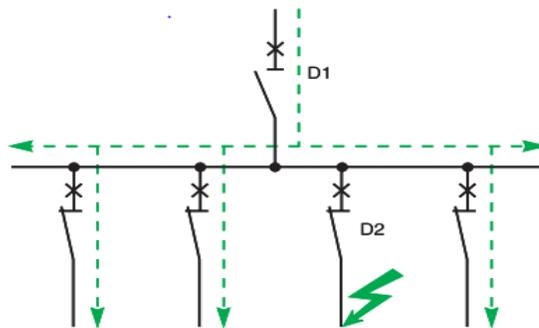
18.1.3. Selectividad

La selectividad es un término importante cuando se está diseñando una instalación eléctrica de baja tensión, tener en cuenta esto brinda comodidad a los usuarios, pero es más importante en instalaciones de industria.

Cuando en una instalación eléctrica de baja tensión no se le aplica selectividad puede estar expuesta diferentes problemas como pérdida de producción, equipos dañados, parada de motores, entre otros.

Teniendo en cuenta lo importante de la selectividad en una instalación, esta se describe como la coordinación de los dispositivos de corte que sirven para cuando una falla o sobre corriente ocurra en una instalación eléctrica pueda ser eliminado por el interruptor, instalando aguas arriba del punto donde ocurrió la falla, y únicamente por él.

Figura 59. **Selectividad en BT**



Fuente: Schneider Electric. (2013). *¿Qué es la selectividad? ¿Hay alguna tabla de Selectividad y filiación de la oferta de interruptores de Schneider Electric?* Consultado el 12 de marzo de 2022. Recuperado de <https://www.se.com/ar/es/faqs/FA171447/>.

- Selectividad total: como se ve en la figura anterior, si una falla ocurre D2 se abre y D1 permanecerá cerrado.
- Selectividad parcial: si la selectividad total no se cumple hasta el valor máximo de corriente de un cortocircuito, si no con un valor inferior a este, a este valor se le llama límite de selectividad.

- Sin Selectividad: siendo este el caso puede llegar abrirse el interruptor automático D1 puede abrirse.

18.1.4. Filiación

La filiación es el acto de utilizar la capacidad de un interruptor automático para restringir la energía. Usando esta potencia, es posible agregar interruptores automáticos de menor capacidad después de que ya se haya instalado uno más grande. Hacerlo conduce a sistemas eléctricos rentables y de alto rendimiento.

18.2. Sobretensiones transitorias

Las sobretensiones transitorias con los picos de voltaje o tensión, los cuales pueden alcanzar valores de kilovoltios y su duración es de tan solo unos pocos microsegundos debido a su alto voltaje a pesar de su poca duración, estos son capaces de causar grandes problemas o fallas a los equipos conectados a la instalación eléctrica donde ocurrió la misma, provocando interrupción en el servicio o grandes pérdidas económicas.

Estas sobretensiones son causadas por una variedad de factores, como: la caída de rayos en el exterior del edificio o las líneas eléctricas, e incluso motores inductivos indirectos o transformadores que se apagan. Estas sobretensiones no se limitan a los sistemas de protección o distribución eléctrica de la edificación, también pueden ser inducidas en cualquier conductor metálico, como: líneas eléctricas, líneas telefónicas y líneas de comunicación.

19. CÁLCULO Y SELECCIÓN DE PARARRAYOS

Los pararrayos evitan problemas en las instalaciones eléctricas provocados por sobretensiones transitorias. Brindan protección contra las sobretensiones potencialmente destructivas que ocurren cuando un rayo cae sobre la varilla. Los pararrayos previenen los daños causados por sobretensiones transitorias actuando como punto de incidencia de cualquier descarga atmosférica que sea aire ionizado. Esto ayuda a evitar cualquier problema en las instalaciones eléctricas.

Para realizar una correcta selección de pararrayos esta debe llevarse a cabo según las normas como UNE, NFC o IEEE, ya que aquí se describen los aspectos más importantes para poder mantener o proteger un edificio o descargas electro atmosféricas.

19.1. Norma UNE 21186/NFC- 17102

Para las instalaciones de pararrayos en cualquier instalación eléctrica o edificio es regulada según normas.

Para el edificio Monja Blanca, el pararrayo se ubica en la azotea, para que la punta alcance la línea horizontal más alejada del edificio, y se determinó que posee un conductor desnudo 1/0 hacia el piso, en donde se ubica una red de tierras de 4 varillas que disipan la energía en caso de cualquier descarga.

19.2. Pararrayos Franklin

Este es un tipo de pararrayos de tipo punta, el cual ioniza el entorno para atraer la descarga electroatmosférica, y su zona protegida posee forma cónica, están conformados por un vástago principal, una pieza central y cuatro laterales, y su material de fabricación puede ser de bronce de níquel o acero inoxidable, así mismo cuenta con una altura de 430 mm.

19.3. Jaula de Faraday

Este método se conoce como jaula; se emplea al construir un edificio o estructura. Una malla metálica se adjunta al sistema de puesta a tierra de un sistema eléctrico cuando comienza la construcción.

Hay varios tipos más de pararrayos que no se mencionaron anteriormente, pero son menos comunes.

CONCLUSIONES

1. Se realizó un análisis de eficiencia energética con propuestas de mejora como paneles solares, implementación de un nuevo sistema de aire acondicionado, cambio de iluminación y cambio de hábitos de los trabajadores en el edificio, por medio de equipo de analizador de redes, luxómetro y cámara termográfica, obteniendo mejoras económicas.
2. Se determinó mediante el inventario de equipos realizado en el edificio que los mayores consumos energéticos se deben a equipos de aire acondicionado mal dimensionados, así como valores de corriente altos, el factor de potencia dentro de normativa al igual que los valores de armónicos.
3. Se realizó la implementación de paneles solares como medio de energía renovable, obteniendo datos como: la inversión inicial, tiempo de retorno de esta y determinando que con esta medida puede llegar a reducirse hasta un 25 % del gasto de energía.
4. Se realizó un análisis de la emisión de gases de efecto invernadero hacia la atmosfera, y se puede obtener una reducción alrededor de 30 % de estas emisiones, implementando la aplicación de las medidas propuestas.
5. Se cumple con el objetivo del eje 4 de la Política energética 2017-2023, proponiendo mecanismos de ahorro de energía en instituciones del sector público.

6. Se cumplió con el convenio USAC – MEM, llevando a cabo esta auditoria con el apoyo del MEM en brindar equipo especializados, y entregando este trabajo para el beneficio del país.

7. Se determinó totalmente viable la implementación de un cambio de sistema de iluminación led, debido a que no requiere una inversión elevada y se obtienen retornos a corto plazo.

RECOMENDACIONES

1. Tomar en consideración las medidas de ahorro y eficiencias propuestas en el presente trabajo, como lo son:
 - Instalación de 364 paneles solares en el edificio Monja Blanca para poder obtener y generar energía eléctrica para poder consumirla en el mismo.
 - Realizar el cambio de implementación de lámparas y luminarias con tecnología led, que ayudarán a reducir el consumo de energía eléctrica brindando una mayor comodidad y luminosidad en los distintos ámbitos de trabajo.
 - Cambio en los hábitos y costumbres de los trabajadores del edificio Monja Blanca para que pueda significar una disminución del consumo eléctrico.
 - Instalación de un sistema inverter de aire acondicionado para obtener una mejor eficiencia y reducción del consumo energético del edificio.
2. Realizar un levantamiento eléctrico completo del edificio para actualizar los planos eléctricos actuales.
3. Implementar un sistema de mantenimiento preventivo para el sistema eléctrico del edificio, actualmente solo se tiene un sistema de mantenimiento correctivo.
4. Realizar un mantenimiento preventivo al banco trifásico de transformadores, para determinar su estado, tiempo de vida y eficiencia, las pruebas recomendadas son.

- Prueba de aceite dieléctrico.
 - Prueba de aislamiento.
 - Prueba de resistencia.
 - Prueba de termografía
 - Prueba de impulso de rayo
5. Tener un estricto control con el pago de facturas tanto de agua como de electricidad para evitar mora por incumplimiento de pago.
6. Realizar una evaluación de los tableros de distribución para programar sus mantenimientos manteniendo libres las áreas.

REFERENCIAS

1. Acuerdo Gubernativo 33-2016. *Reformas al reglamento de salud y seguridad ocupacional*. Ministerio de Trabajo y Prevención Social. Guatemala. 5 de febrero de 2016.
2. Carrier, W. (s.f.). *Willis Carrier*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.carrier.com/commercial-refrigeration/es/ib/about/willis-carrier/>.
3. Collombet, M. y Lacroix, B. (2001). *Los interruptores automáticos BT frente a las corrientes armónicas, transitorias y cíclicas*. España: Schneider Electric.
4. Grupo TREOLO. (1 de julio de 2016). *Cálculo de Cargas Térmicas*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <http://grupotreolo.com/blog/c%C3%A1lculo-de-cargas-t%C3%A9rmicas>.
5. IEC. (2002). *Norma Internacional CEI IEC 60909-0*. España: AENOR.
6. MAGA. (3 de enero de 2016). *Misión y Visión*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.maga.gob.gt/mision-y-vision/>.
7. MAGA. (30 de marzo de 2019). *Funciones del Ministerio de Agricultura, ganadería y alimentación*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.maga.gob.gt/download/funciones-maga-m16>.

8. Ministerio de Ciencias y Tecnología. (2022). *Sistemas de conexión del neutro y de las masas en redes de distribución de energía eléctrica*. España: Autor.
9. NETA. (1995). *Especificaciones de Pruebas Aceptadas para Sistemas y Equipos de Distribución de Potencia eléctrica*. Denver, Colorado: Asociación de Pruebas Eléctricas Internacional.
10. PETZL. (18 de mayo de 2021). *Índice de protección IP y CEM*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.petzl.com/INT/es/Profesional/%C3%8Dndice-de-proteccion-IP-y-CEM?ProductName=RUBBER>.
11. Schneider Electric. (31 de mayo de 2013). *¿Qué es la selectividad? ¿Hay alguna tabla de Selectividad y filiación de la oferta de interruptores de Schneider Electric?* [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.se.com/ar/es/faqs/FA171447/>.

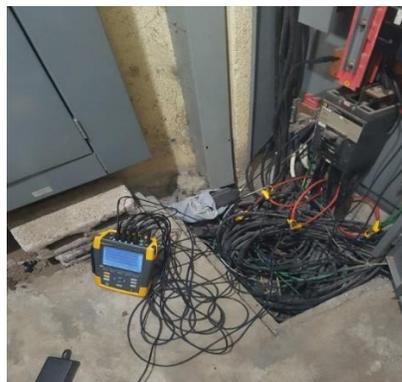
APÉNDICES

Apéndice 1. **Medición de iluminación con luxómetro en edificio Monja Blanca**



Fuente: [Fotografía de Álvaro Martínez]. (Guatemala, Guatemala, 2019). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 2. **Instalación de analizador al tablero principal del edificio Monja Blanca**



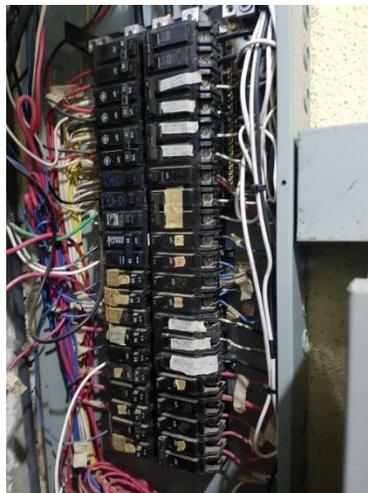
Fuente: [Fotografía de Álvaro Martínez]. (Guatemala, Guatemala, 2019). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 3. **Analizador Fluke utilizado para las mediciones en edificio Monja Blanca**



Fuente: [Fotografía de Álvaro Martínez]. (Guatemala, Guatemala, 2019). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 4. **Tablero segundo nivel edificio Monja Blanca**



Fuente: [Fotografía de Álvaro Martínez]. (Guatemala, Guatemala, 2019). Colección particular. Guatemala.