



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

**DISEÑO Y CÁLCULO DE COSTOS Y PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE
ENERGÍA ELÉCTRICA EFICIENTE DEL PROYECTO SANTUARIO NUESTRA SEÑORA DE
LOURDES, EN EL PROGRESO, JUTIAPA**

Cristian Hilario Pocasangre Ortiz

Asesorado por el Ing. Salvador Ortiz Navas

Guatemala, agosto de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO Y CÁLCULO DE COSTOS Y PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE
ENERGÍA ELÉCTRICA EFICIENTE DEL PROYECTO SANTUARIO NUESTRA SEÑORA DE
LOURDES, EN EL PROGRESO, JUTIAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CRISTIAN HILARIO POCASANGRE ORTIZ
ASESORADO POR EL ING. SALVADOR ORTIZ NAVAS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, AGOSTO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Gustavo Benigno Orozco Godínez
EXAMINADOR	Ing. Francisco Javier González López
EXAMINADOR	Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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:

DISEÑO Y CÁLCULO DE COSTOS Y PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EFICIENTE DEL PROYECTO SANTUARIO NUESTRA SEÑORA DE LOURDES, EN EL PROGRESO, JUTIAPA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 15 de agosto de 2016.

Cristian Hilario Pocasangre Ortiz

Guatemala, 13 de febrero de 2017

Ingeniera
Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

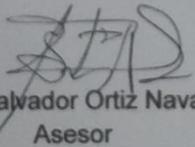
Estimada Inga. Classon de Pinto:

Por este medio le informo que como Asesor de la Practica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) del estudiante de la carrera de Ingeniería Eléctrica Cristian Hilario Pocasangre Ortiz, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, titulado **"DISEÑO Y CÁLCULO DE COSTOS Y PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EFICIENTE DEL PROYECTO SANTUARIO NUESTRA SEÑORA DE LOURDES, EN EL PROGRESO, JUTIAPA"**.

Le manifiesto que encuentro el trabajo satisfactorio y en mi opinión llena los requisitos para su aprobación. En virtud lo doy por APROBADO, solicitándole darle el tramite respectivo.

Sin otro particular me es grato suscribirme

Atentamente,


Ing. Salvador Ortiz Navas
Asesor
Colegiado No. 5131

Salvador Ortiz Navas
Ingeniero Electricista
Colegiado No. 5131

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 16 de mayo de 2017.
Ref.EPS.DOC.328.05.17.

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto.

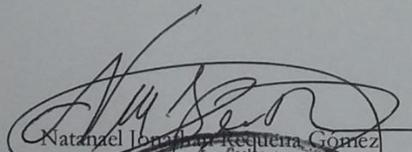
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Cristian Hilario Pocasangre Ortiz** de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, Registro Académico **No. 201212526** y CUI **1684 68336 0501**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"DISEÑO Y CÁLCULO DE COSTOS Y PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EFICIENTE DEL PROYECTO SANTUARIO NUESTRA SEÑORA DE LOURDES, EN EL PROGRESO, JUTIAPA"**.

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"


Natanael Jonathan Requena Gómez
Asesor Supervisor de E.P.S.
Área de Ingeniería Eléctrica
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE E.P.S.
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

c.c. Archivo
NJRG/ra

Edificio de EPS, Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, zona 12.
Teléfono directo: 2442-3509

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala 16 de mayo de 2017.
Ref.EPS.D.139.05.17.

Ing. Francisco Javier González
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

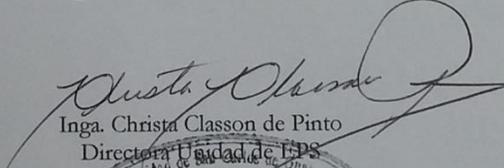
Estimado Ingeniero González.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO Y CÁLCULO DE COSTOS Y PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EFICIENTE DEL PROYECTO SANTUARIO NUESTRA SEÑORA DE LOURDES, EN EL PROGRESO, JUTIAPA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Cristian Hilario Pocasangre Ortiz**, quien fue debidamente asesorado por el Ing. Salvador Ortiz Navas y supervisado por el Natanael Jonathan Requena Gómez.

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 el Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS



CCdP/ra

Edificio de EPS, Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, zona 12.
Teléfono directo: 2442-3509

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Ref. EIME 24. 2017
Guatemala, 21 de ABRIL 2017.

Señor Director
Ing. Francisco Javier González López
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
DISEÑO Y CÁLCULO DE COSTOS Y PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EFICIENTE DEL PROYECTO SANTUARIO NUESTRA SEÑORA DE LOURDES, EN EL PROGRESO, JUTIAPA, del estudiante Cristian Hilario Pocasangre Ortiz, que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
DISEÑO Y CÁLCULO DE COSTOS Y PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EFICIENTE DEL PROYECTO SANTUARIO NUESTRA SEÑORA DE LOURDES, EN EL PROGRESO, JUTIAPA,

Ing. Gustavo Benigno Orozco Godínez
Coordinador de Potencia



STO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 24. 2017.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; CRISTIAN HILARIO POCASANGRE ORTIZ titulado: DISEÑO Y CÁLCULO DE COSTOS Y PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EFICIENTE DEL PROYECTO SANTUARIO NUESTRA SEÑORA DE LOURDES, EN EL PROGRESO, JUTIAPA procede a la autorización del mismo.

Ing. Francisco Javier González López



GUATEMALA, 5 DE JUNIO 2,017.

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.D.362.2017

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: **DISEÑO Y CÁLCULO DE COSTOS Y PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EFICIENTE DEL PROYECTO SANTUARIO NUESTRA SEÑORA DE LOURDES, EN EL PROGRESO, JUTIAPA**, presentado por el estudiante universitario: **Cristian Hilario Pocasangre Ortiz** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, agosto, de 2017

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser mi padre celestial, quien día a día me bendice, dándome fuerzas y alegría para alcanzar todas mis mentas.
- Virgen María** Por sus múltiples bendiciones recibidas a lo largo de toda mi vida.
- Mis padres** Hilario Pocasangre Salazar y Elvia Lili Ortiz Navas, por todas sus enseñanzas, apoyo incondicional y verdadero, su amor y por brindarme los principios y la moral para conducirme en la vida.
- Mis hermanos** Por ser siempre parte vital de mi vida y apoyo en todo momento.
- Mis sobrinos** Que luchan por alcanzar sus sueños.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por haberme dado la oportunidad de formarme como profesional en tan prestigiosa casa de estudios.
Facultad de Ingeniería	Por ser quien me proporcionó todos los conocimientos que me forman y me permiten desarrollarme como profesional.
Asociación Apostólica, Nuestra Señora de Lourdes, MISAL	Por haberme permitido realizar mi trabajo de graduación y brindarme su apoyo y atenciones.
Ing. Francisco González	Por su seguimiento, confianza, apoyo y paciencia que ha tenido conmigo, además de la amistad brindada a lo largo de mi carrera universitaria.
Mi asesor	Ingeniero Salvador Ortiz Navas, por todo el apoyo y paciencia que ha tenido conmigo como consejero, mentor, guía, maestro y asesor.
Mis padres	Por todo su esfuerzo para apoyarme a lo largo de toda mi carrera, su amor incondicional, que fue motivo de alegría e inspiración en todo momento durante mi formación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. GENERALIDADES DEL SANTUARIO NUESTRA SEÑORA DE LOURDES	1
1.1. Historia y generalidades	1
2. CONCEPTOS TEÓRICOS BÁSICOS RELACIONADOS CON EL DISEÑO ELÉCTRICO	5
2.1. Instalación eléctrica	5
2.1.1. Acometida eléctrica	5
2.1.2. Carga.....	6
2.2. Estimación de cargas	7
2.2.1. Demanda máxima.....	7
2.2.2. Factor de carga.....	8
2.2.3. Factor de demanda.....	9
2.3. Alimentadores.....	10
2.3.1. Material de los conductores	10
2.3.2. Calibre de los alimentadores	11
2.3.3. Selección del calibre de alimentadores	12

	2.3.3.1.	Por intensidad de corriente (amperaje).....	13
	2.3.3.2.	Por caída de tensión	18
	2.3.3.3.	Selección de conductor puesto a tierra	19
2.4.		Canalizaciones.....	21
	2.4.1.	Tuberías	21
	2.4.1.1.	Tuberías tipo PVC	21
	2.4.1.2.	Tuberías tipo conduit.....	24
	2.4.1.3.	Calculo de tubería eléctrica	26
2.5.		Selección de protecciones	28
	2.5.1.	Relevador	30
	2.5.2.	Fusibles	32
	2.5.3.	Interruptor.....	33
2.6.		Tableros	37
	2.6.1.	Tablero de distribución	40
	2.6.2.	Clasificación de tableros de distribución.....	42
2.7.		Principios básicos de distribución de media tensión	43
	2.7.1.	Acometida principal	44
	2.7.2.	Plantas de emergencia.....	45
2.8.		Principios de puesta a tierra.....	46
	2.8.1.	Factores que influyen en la resistividad del terreno.....	48
2.9.		Lámparas y luminarias	49
	2.9.1.	Lámparas LED	49
	2.9.2.	Cálculo de luminarias	51
	2.9.2.1.	Cálculo por el método de cavidades zonales.....	52
2.10.		Paneles solares.....	58

3.	MEMORIA DE CÁLCULO DEL DISEÑO DE SUMINISTRO DE ENERGÍA EFICIENTE DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL SANTUARIO NUESTRA SEÑORA DE LOURDES	61
3.1.	Cálculo de potencia de las instalaciones.....	61
3.1.1.	Diseño general y cálculo de capacidad del transformador	62
3.1.1.1.	Capacidad del transformador principal	63
3.1.1.2.	Capacidad del transformador secundario para sistema de audio, video y luces	64
3.1.2.	Selección de voltaje en primario y secundario.....	65
3.1.3.	Cálculo de capacidad de planta de emergencia	65
3.2.	Cálculo para selección de calibre de acometida principal y alimentación de tableros.....	66
3.2.1.	Cálculo de conductores por intensidad de corriente (amperaje)°	68
3.2.2.	Cálculo de conductores por caída de tensión	68
3.3.	Cálculo para selección de tableros eléctricos.....	69
3.3.1.	Selección de interruptores principales en cada tablero.....	72
3.4.	Cálculo lumínico	74
3.4.1.	Cálculo de número de luminarias área por área según metodo de cavidad zonal	74
3.5.	Selección de pararrayos	77
3.5.1.	Instalación del pararrayos.....	80
3.5.2.	Mantenimiento del pararrayos	81
3.6.	Cálculo para selecin de paneles solares	81

3.6.1.	Estimación de consumo de potencia y cálculo de número de paneles solares necesarios	82
3.6.2.	Cálculo de calibre de conductor	85
3.6.3.	Ángulo de inclinación de paneles solares	86
3.7.	Cálculo para sistema de puesta a tierra	89
3.8.	Cálculo de corriente de cortocircuito en acometida principal ...	91
4.	PLANOS ELÉCTRICOS Y DIAGRAMAS.....	93
4.1.	Planos de iluminación	93
4.2.	Planos de fuerza normal	97
4.3.	Planilla de tableros.....	100
4.4.	Diagramas unifilares.....	107
4.5.	Sistema de sonido y cámaras de seguridad en nave principal y área de parqueo.....	110
4.6.	Plano de acometida principal y alimentación de tableros.....	111
4.7.	Plano de sistema de tierra física y pararrayos	112
4.8.	Plano de ubicación de paneles solares.....	113
5.	PROCESO DE ESTIMACIÓN DE COSTOS Y PRESUPUESTO	115
5.1.	Conceptos básicos.....	115
5.2.	Cálculo de presupuesto final y costo de mano de obra del proyecto estimando la utilidad de la empresa ejecutora.....	116
5.2.1.	Estimación del tiempo total para ejecución del proyecto.....	118
5.3.	Estimación de la potencia real demandada según factores de utilización	118
5.3.1.	Cálculo de costos según consumo de energía estimado y según costos de comercializadora.....	119

CONCLUSIONES	121
RECOMENDACIONES	123
BIBLIOGRAFÍA.....	125
APÉNDICES	127
ANEXOS	129

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Planta arquitectónica de la nave principal	3
2.	Planta arquitectónica de área de parqueo, comedor y garitas de seguridad	3
3.	Planta arquitectónica del área del sótano	4
4.	Diferencia de calibres de conductores	13
5.	Tubería tipo PVC.....	22
6.	Tubería tipo conduit.....	25
7.	Relevador de sobrecarga	31
8.	Fusible de potencia	33
9.	Partes de un interruptor termomagnético	36
10.	Especificaciones de un interruptor termomagnético.....	37
11.	Tablero de caja o gabinete.....	39
12.	Tablero de distribución	41
13.	Acometida principal instalada vía aérea.....	44
14.	Planta de emergencia	45
15.	Ejemplo de medición de resistividad del terreno	48
16.	Lámparas LED	50
17.	Cálculo del índice del local o cavidad del recinto	56
18.	Alturas método cavidad zonal	57
19.	Paneles solares.....	59
20.	Protección del pararrayos pulsar.....	78
21.	Sistema híbrido del inversor	85
22.	Latitud y longitud de El Progreso, Jutiapa	88

23.	Plano de iluminación, área central	94
24.	Plano de iluminación, área de parqueo.....	95
25.	Plano de iluminación, área de sótano	96
26.	Plano de fuerza, área central	97
27.	Fuerza normal garita principal en parqueo	98
28.	Plano de fuerza, área de sótano	99
29.	Tablero principal TP	100
30.	Tablero principal TP-2.....	101
31.	Tablero T - LE	101
32.	Tablero T - audio.....	102
33.	Tablero T - video.....	102
34.	Tablero TIF5, área nave principal	103
35.	Tablero T-PAN, área nave principal.....	103
36.	Tablero TI4, área de parqueo	104
37.	Tablero TSG4 (garita)	104
38.	Tablero TIF4-S, área de sótano	105
39.	Tablero TIF2, área nave principal	105
40.	Tablero TIF3-S, área de sótano	106
41.	Tablero TIF1, área nave principal	106
42.	Diagrama unifilar completo de la instalación.....	107
43.	Diagrama unifilar secundario para sistemas de sonido, video y luces	108
44.	Diagrama unifilar previsto para centro comercial.....	109
45.	Planta de especiales.....	110
46.	Alimentación de tableros.....	111
47.	Sistema de tierra y pararrayos	111
48.	Instalación de paneles solares.....	113

TABLAS

I.	Área transversal de conductores en mm ²	12
II.	Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados de 0 a 2 000V nominales	16
III.	Capacidad de carga por calibre según el tipo de cable.....	17
IV.	Área del conductor de tierra para alimentación de los equipos en AWG/Kcmil.....	20
V.	Área del conductor de tierra del tablero de distribución principal al sistema de tierra física	20
VI.	Dimensiones de tubo conduit	25
VII.	Número máximo de conductores en tubería	28
VIII.	Factor de mantenimiento.....	57
IX.	Potencia aparente máxima instalada y demandada para transformador principal.....	63
X.	Potencia aparente máxima instalada y demandada para transformador secundario	64
XI.	Selección de calibre de conductores para tableros.....	66
XII.	Selección de tableros eléctricos.....	71
XIII.	Interruptores principales para tableros.....	73
XIV.	Cálculo de luminarias en áreas del santuario.....	76
XV.	Radios de protección de pararrayos pulsar	79
XVI.	Presupuesto final del proyecto	116
XVII.	Tiempo total estimado	118
XVIII.	Potencia real máxima demandada de tablero principal TP (w)	119
XIX.	Estimación de costos de energía	120

LISTA DE SÍMBOLOS

kW	Unidad de consumo de energía eléctrica activa que equivale a mil watts por hora
A	Unidad de intensidad de corriente eléctrica en amperios
kA	Unidad de intensidad de corriente eléctrica que equivale a mil amperios
Hz	Unidad de frecuencia eléctrica en Hertz
m²	Unidad de medida de área en metros cuadrados
cm	Unidad de medida lineal en centímetros
m	Unidad de medida lineal en metros
mm	Unidad de medida lineal en milímetros
kW	Unidad de potencia activa que equivale a mil watios
kVA	Unidad de potencia aparente que equivale a mil voltamperios
kVAR.	Unidad de potencia reactiva que equivale a mil voltamperios reactivos
kV	Unidad de tensión o voltaje eléctrico que equivale a mil voltios

GLOSARIO

Acometida	Se le denomina acometida al conjunto de conductores y componentes utilizados para transportar la energía eléctrica desde las líneas de distribución de la empresa suministradora a la instalación eléctrica del inmueble servido.
Diagrama unifilar	Dibujo que representa en forma simbólica las conexiones eléctricas de una instalación eléctrica.
Baja tensión	Se refiere a todo suministro de energía eléctrica con tensión inferior a 1 000 voltios.
Capacidad de conducción	Se refiere a la capacidad máxima de conducción de conductores eléctricos, expresada en amperios.
Caracterización de cargas	Es una actividad fundamental en el ámbito eléctrico realizada para determinar el comportamiento del consumidor.
Carga instalada	Es la suma de la capacidad nominal de todo el equipo eléctrico que se conectará a la instalación eléctrica.
Conductor	Es todo aquel material capaz de conducir la corriente eléctrica.

Consumo	Es la cantidad de energía eléctrica utilizada por una instalación durante un tiempo determinado.
Corriente	Es un desplazamiento de cargas eléctricas medida en amperios. La corriente o intensidad eléctrica es el flujo de carga por unidad de tiempo que recorre un material.
Distribuidoras	Empresas dedicadas a vender energía eléctrica en determinadas regiones a consumidores finales.
Electrodo	Varilla metálica diseñada especialmente para enterrarla en el suelo y conectar en ella un sistema eléctrico aterrizado.
Empalme de cable	La conexión de un cable a otro de manera que la conductividad y el aislamiento en la unión sean de la misma calidad que la de los cables que intervienen.
Energía	Es el trabajo desarrollado por un sistema en determinado tiempo y se mide en kilovatios por hora (kWh).
Flipon	Es un interruptor termomagnético que está diseñado para protección de cortocircuitos y sobrecargas de un circuito eléctrico, puede desempeñar funciones de conexión y desconexión para realizar trabajos de mantenimiento.

Iluminación	Cantidad de luz que alcanza un área unitaria de superficie, se mide en luxes.
Interruptor	Dispositivo o sistema de poder de corte, destinado a efectuar la apertura o cierre de un circuito eléctrico.
Plano de montaje	Distancia entre el piso y el plano imaginario en que se deben instalar las luminarias.
Plano de trabajo	Distancia entre el piso y el plano imaginario en que se necesita una iluminación determinada.
Red de tierras	Conjunto de elementos que permiten la circulación y liberación de flujo de corriente.
Red eléctrica	Interconexión de dispositivo que permiten transportar la energía.
Trifásico	Sistema eléctrico formado por tres líneas de tensión de igual magnitud, desfasadas 120 grados.
Vatio	Unidad de medida de la potencia eléctrica.

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se llevó a cabo un diseño eléctrico completo y óptimo para el suministro de energía eléctrica eficiente de las instalaciones del Santuario Nuestra Señora de Lourdes, ubicado en El Progreso, Jutiapa, el cual tiene un área de 23 512,69 m², como también una estimación de costos y presupuesto final para el proceso de una futura implementación del diseño eléctrico en dichas instalaciones. Se incluyen planos y diagramas que detallan el diseño eléctrico, pasos a seguir, equipo a utilizar, conexiones importantes, balance energético, consejos e instrucciones para su futura implementación.

El diseño eléctrico cuenta con características importantes basadas en normas eléctricas para un diseño profesional y de calidad. Cuenta con un sistema de conexión trifásico y planos tales como iluminación, fuerza normal, especiales, planilla de tableros, diagramas unifilares, sistema de puesta a tierra, sistema de pararrayos, acometidas principales y alimentadores a tableros de distribución eléctrica, cámaras de vigilancia, sistema de paneles solares y otras especificaciones, todos estos planos cubren el área de la nave principal, parqueos y de sótano del santuario.

Se muestra una evaluación económica muy detallada y completa en base al diseño eléctrico antes planteado, la cual contiene lo que es una cuantificación eléctrica de todos los elementos necesarios para la ejecución del diseño. El cálculo de costos y presupuesto el cual se estima que llegaría a los Q3, 897 961,35, la elaboración de una estimación de costos de consumo de

energía eléctrica, con la opción de conectarse a una comercializadora y acceder a un mejor costo energético para su funcionamiento.

OBJETIVOS

General

Realizar el diseño y el cálculo de costos y presupuesto del sistema de suministro de energía eléctrica eficiente del proyecto Santuario Nuestra Señora de Lourdes, ubicado en El Progreso, Jutiapa, con el fin de satisfacer las necesidades de la comunidad de la Asociación Apostólica -Misal-.

Específicos

1. Desarrollar un proyecto que cuente con los servicios básicos de consumo eléctrico y que conlleve a un buen desempeño de la carga específica a conectar en las instalaciones.
2. Calcular y estimar la demanda de potencia que requerirá el sistema de suministro de energía eléctrica del santuario, para operar de forma eficiente y sin interrupciones de servicio, cuando esté funcionando a su totalidad, según las necesidades y peticiones requeridas.
3. Realizar una digitalización de planos, diagramas y detalles que representen las instalaciones eléctricas diseñadas.
4. Realizar una estimación de costos y un presupuesto final, necesario para la futura instalación eléctrica, basado en el diseño eléctrico elaborado.

INTRODUCCIÓN

Las instalaciones eléctricas son de vital importancia para el desarrollo de la vida moderna, sin ellas muchas de las actividades que se realizan diariamente no se llevarían a cabo, es por ello que se realiza dicho proyecto con el fin de demostrar la forma en la cual se debe de proceder para su diseño e instrucciones para su futura instalación.

El proyecto de una instalación eléctrica tiene como función principal garantizar un servicio eléctrico adecuado, dentro de ciertas condiciones indispensables como lo son, ofrecer un alto grado de seguridad a las personas y a los equipos relacionados con el mismo, ser un proyecto económicamente justificable en el que además se considere la posibilidad de expansión de la instalación en un futuro. Es importante de igual forma, brindar confiabilidad, flexibilidad y facilidad de operación y mantenimiento en dicha instalación.

En el presente trabajo se presenta un estudio eléctrico el cual conlleva a un diseño de todo el proyecto de instalaciones eléctricas normales y especiales del Santuario Nuestra Señora de Lourdes, incluyéndose demandas de los usuarios, servicios generales, preferenciales, cálculo de alimentadores, acometidas principales, sistema de distribución y de potencia, sistema de paneles solares, de audio, de puesta a tierra y pararrayos. Así también con la representación de un presupuesto, estimación de costos y una estimación de tiempo de ejecución del proyecto completo.

1. GENERALIDADES DEL SANTUARIO NUESTRA SEÑORA DE LOURDES

1.1. Historia y generalidades

La construcción del nuevo templo católico dedicado a Nuestra Señora de Lourdes, en el municipio de El Progreso, departamento de Jutiapa, fue inicialmente concebida, considerando que el templo católico existente no era suficiente para albergar a todos los feligreses, por lo que se pensó en tener un lugar que albergara a 7 000 feligreses cómodamente sentados.

De igual manera se quería contemplar un área mayor para el parqueo de vehículos, ya que en los alrededores de la iglesia actual ya no es suficiente.

Se pensó entonces en construir un templo más grande pero luego teniendo las expectativas a futuro y con la asesoría del Obispo de la diócesis de Jalapa Monseñor Julio Edgar Cabrera Ovalle, se acordó que la construcción fuera un santuario dedicado a Nuestra Señora de Lourdes, con capacidad para 8,000 feligreses, bajo la coordinación de la Asociación Misión Apostólica - MISAL-, El Progreso, Jutiapa, Guatemala.

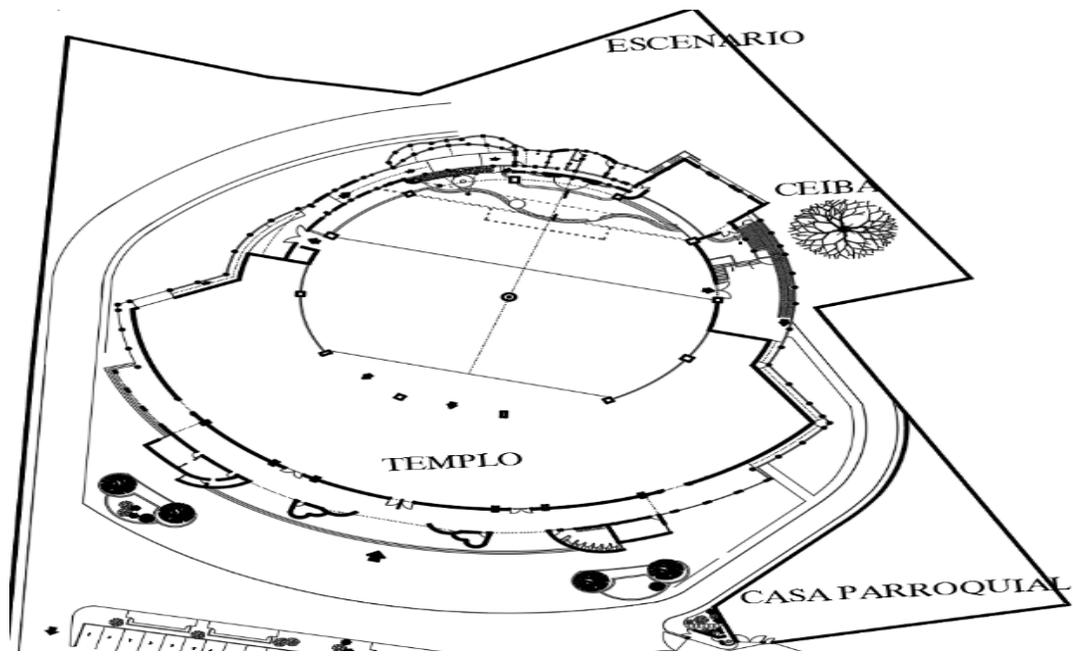
Dado esto se procedió a la construcción del santuario el cual actualmente se encuentra en la etapa inicial de construcción. Dicha etapa está organizada de tal manera que se construye por áreas, avanzando una por una y procediendo al terminar la anterior.

Teniendo en cuenta las siguientes características:

- Área total del santuario: 23 512,69 m²
- Áreas principales con sus subáreas, las cuales son:
 - Nave principal
 - Capilla
 - Confesionarios
 - Área de adoración a la Virgen
 - Pasillos, rampas y corredores en extremos
 - Salones para eventos, baños, bodegas
 - Bautisterio, presbiterio , área del coro, cabina de audio
 - Área central en donde estarán los feligreses sentados
 - Escenario central
 - Casa parroquial, sacristía, entre otros.
 - Área de parqueo
 - Comedor, garitas de seguridad y vigilancia
 - Sótano
 - Enfermería, estacionamiento de ambulancia, sala de estar
 - Mercado de recuerdos, pasillos, gradas y rampas
 - Baños, entre otros.

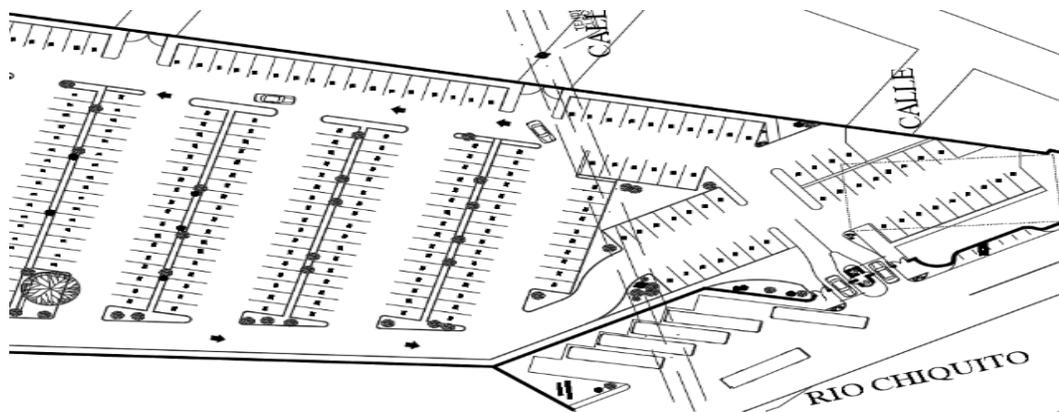
A continuación se muestra el diseño de la planta arquitectónica del Santuario Nuestra Señora de Lourdes, identificando área por área:

Figura 1. **Planta arquitectónica de la nave principal**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Figura 2. **Planta arquitectónica de área de parqueo, comedor y garitas de seguridad**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

2. CONCEPTOS TEÓRICOS BÁSICOS RELACIONADOS CON EL DISEÑO ELÉCTRICO

2.1. Instalación eléctrica

Se refiere a todos aquellos componentes y equipos que se instalan para un servicio de distribución o consumo eléctrico.

En el diseño de una instalación eléctrica intervienen una serie de factores, una parte de ellos dependientes de la carga a instalar.

El primer y más importante requerimiento del sistema es que el servicio sea de calidad satisfactoria para asegurar la operación de todas las cargas. El conocimiento de las características de la carga permite lograr el mejor diseño de la instalación.

2.1.1. Acometida eléctrica

Las acometidas son las partes que ligan al sistema de distribución de la empresa suministradora con las instalaciones del usuario.

Las acometidas en baja tensión finalizan en un tablero principal de protecciones mientras que las acometidas en alta tensión finalizan en un centro de transformación. Este es el punto donde comienzan las instalaciones internas.

2.1.2. Carga

Cada elemento del sistema eléctrico que requiere ser alimentado, se puede definir como una carga eléctrica.

Se puede caracterizar la carga eléctrica en sistemas de baja tensión en tres grandes grupos:

- Carga de iluminación
- Carga de fuerza normal
- Carga específica (generalmente motores eléctricos)

Al hablar de carga se debe considerar los siguientes conceptos:

- Carga total conectada: es la suma de la potencia nominal (kVA o kW) de todos los equipos que se encuentren en el inmueble servido.
- Capacidad o carga instalada: es la potencia total en kVA que la distribuidora pone exclusivamente a disposición del usuario en el punto de entrega.
- Demanda contratada: es la demanda máxima que la distribuidora está comprometida a entregar al usuario de acuerdo al contrato.

2.2. Estimación de cargas

Para realizar un proyecto de instalación eléctrica un paso muy importante es obtener una estimación de la carga de diseño. Esta carga se convierte en la base para el desarrollo del proyecto del tablero principal o general de los

módulos de distribución de la subestación de transformación de la acometida principal de electricidad. Es importante destacar que la carga debe tener la mejor aproximación posible a la real, no debe quedar ni por debajo el valor, ni por encima de forma que incremente los costos del proyecto.

El profesor H. Khodr en su publicación Técnicas Modernas de Análisis y Diseños de Sistemas de Distribución, indica que para evaluar la interacción de la carga con el sistema principal o estimar correctamente una carga se deben de tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Determinar la demanda máxima de la carga
- Determinar la contribución de la carga a estimar en el sistema al que se va a conectar.
- Determinar el consumo de energía en un periodo específico

Para obtener una estimación lo más real posible de la carga en cuanto a su comportamiento en el medio y a su demanda calculada, deben tomarse en cuenta una serie de factores o coeficientes que se describirán a continuación:

2.2.1. Demanda máxima

La demanda de una instalación es la carga medida en términos de potencia (kVA o kW) tomada en un cierto intervalo de tiempo. Este tiempo de medición es llamado intervalo de demanda y su duración puede variar respecto al interés del estudio, puede depender de la constante térmica de los equipos, así como el tiempo que esté conectada la carga.

El punto más importante del estudio de la demanda es el de demanda máxima, porque este valor es el que determinará la capacidad de los equipos a instalar en el sistema. De esta forma las cargas conectadas dan como resultado una demanda máxima que determina el calibre del alimentador o conductor y la capacidad del interruptor.

La carga conectada es la suma de los valores nominales de todas las cargas que deben suplirse al mismo tiempo y producirán la demanda máxima. Este valor puede ser expresado en *watts*, amperios, caballos de potencia, kilovoltios-amperes, puede variar dependiendo de los requerimientos del proyecto.

2.2.2. Factor de carga

Este valor se obtiene mediante la relación entre la demanda promedio de un intervalo dado y la demanda máxima que se obtiene en ese mismo intervalo de tiempo. Este factor siempre es menor que uno y el valor es adimensional.

Para una carga específica, un período mayor de tiempo producirá un factor de carga más pequeño porque el consumo de energía se distribuye en un tiempo mayor, esto quiere decir que el factor de carga anual es mucho más pequeño que el diario, por lo tanto, para comparar diversos factores de carga estos deben estar calculados bajo los mismos períodos de tiempo.

El factor de carga se calcula mediante la siguiente expresión:

$$F_{carga} = \frac{\int P \cdot dt}{T P_m} \quad (2,1)$$

Donde

F_{carga} = factor de carga

T = período

P = potencia instantánea

P_m = potencia máxima

2.2.3. Factor de demanda

Según el Código Eléctrico Nacional (NEC) el factor de demanda viene dado por la relación existente entre la demanda máxima de la instalación o del sistema y la carga total conectada a este, esta relación dará como resultado un valor adimensional y generalmente es menor que uno. La carga total está definida por la sumatoria de todas las potencias nominales de la instalación a estudiar.

Por lo tanto, el factor de demanda se expresa:

$$F_{Dem} = \frac{D_{max}}{D_{inst}} \quad (2,2)$$

Donde

F_{dem} = factor de demanda del sistema de distribución

D_{max} = demanda máxima del sistema de distribución

D_{inst} = demanda total instalada en el sistema de distribución

2.3. Alimentadores

Los alimentadores son los elementos metálicos utilizados para conducir la corriente eléctrica desde la fuente de alimentación hacia las cargas a suplir. En la fase del proyecto debe escogerse correctamente cada alimentador de acuerdo a dos factores: capacidad térmica y caída de tensión, para evitar daños o fallas en el momento en que se lleve a cabo el proyecto, tales como cortes de suministro, riesgos de incendios o pérdidas de energía.

2.3.1. Material de los conductores

La forma de los conductores varía, pueden ser con forma de hilo, varillas, platinas, tubos o barras. La conductividad de los alimentadores depende del material de su aleación, los materiales más importantes son: platino, plata, cobre, aluminio, hierro, entre otros. La mayoría de los conductores utilizados en las instalaciones eléctricas son de cobre o aluminio, ambos metales tienen una conductividad eléctrica excelente.

Según Harper el aluminio es un 16 % menos conductor que el cobre, pero se compensa por ser mucho más liviano haciendo que sea más económico y permite tener hasta cuatro veces más conductor que el cobre. A pesar de esto, el cobre es el material predilecto para la elaboración de conductores por sus ventajas mecánicas (resistencia al desgaste, maleabilidad) y eléctricas (conductividad eléctrica).

El cobre que es utilizado es el electrolítico de alta pureza, 99,99 % y dependiendo de su uso, existen varios grados de dureza: duro, semiduro y blando o recocido.

El cobre duro es utilizado para la fabricación de conductores desnudos para líneas aéreas de transporte de energía eléctrica, sus características son las siguientes:

- Conductividad del 97 % respecto a la del cobre puro
- Resistividad de $0,018 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ de temperatura
- Capacidad de ruptura a la carga, oscila entre 37 a $45 \text{ kg}/\text{mm}^2$

El cobre recocido o de temple blando es utilizado para la fabricación de conductores aislados por su flexibilidad, sus características son:

- Conductividad del 100 %
- Resistividad de $0,01724 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ respecto del cobre puro
- Capacidad de ruptura media de $25 \text{ kg}/\text{mm}^2$

2.3.2. Calibres de los alimentadores

De acuerdo a las normas, los conductores se identifican por el número que corresponde con su calibre y se toma como referencia el sistema americano de designación AWG (*American Wire Gauge*), significa sistema de calibres americanos. Aunque hay de calibres menores los más utilizados y en orden creciente de calibre serían los números 12, 10, 8, 6, 4, 2, 1/0, 2/0, 4/0. En la tabla I se presentan las áreas transversales de conductores de diferentes calibres, AWG del 14 al 4/0 y se designan secciones en miles circular mils (MCM) del 250 en adelante, utilizados en las instalaciones eléctricas:

Tabla I. Área transversal de conductores en mm²

Tamaño del conductor AWG / MCM	Artículo I. Area transversal mm²
14	2,1
12	3,3
10	5,3
8	8,4
6	13,3
4	21,2
2	33,6
1/0	53,5
2/0	67,4
3/0	85,0
4/0	107,2
250	127,0
300	152,0
350	177,0
400	203,0
450	228,0
500	253,0
600	304,0
700	355,0
800	405,0
900	456,0
1000	507,0

Fuente: MÉNDEZ, Luis Alfonso, *Guía para el diseño de instalaciones eléctricas*. P. 12.

2.3.3. Selección del calibre de alimentadores

Para definir el número de calibre a utilizar se tienen dos métodos importantes:

- Cálculo por capacidad de corriente (amperaje), que representa la máxima corriente que puede conducir un conductor sin dañarse.
- Cálculo por caída de voltaje, manteniendo según el calibre seleccionado un valor igual o menor al permisible indicado en el Código Eléctrico Nacional.

Figura 4. **Diferencia de calibres de conductores**



Fuente: https://3.bp.blogspot.com/-JXoZ2tt3jGM/V3rrX-AIVYI/AAAAAAAAAdk/Wi7ZDHBcp9koNuIqHb_9dQV7grswOvpmgCLcB/s1600/rfzm11.jpg.
Consulta: septiembre de 2016.

2.3.3.1. Por intensidad de corriente (amperaje)

Existen varias limitaciones para la circulación libre de la corriente a través de los conductores. Si el cable es desnudo, una de ellas es la condición natural de la conductividad; pero si el cable está aislado, el aislamiento se convierte en otra limitante. El paso de la corriente se ve reflejado en un aumento de temperatura del conductor, si por él circula una corriente mayor a la nominal soportada por el conductor se genera un aumento considerable de su temperatura, lo que podría reducir su vida útil, esta limitación de la corriente determinada por su valor nominal se denomina capacidad térmica.

Si el conductor está desnudo, la capacidad de disipar el calor es mucho mayor a través del contacto con el aire, que si se encuentra aislado y dentro de canalizaciones junto a otros conductores, debido al calentamiento mutuo. Cuando se utiliza un conductor aislado la selección de la sección debe ser inversamente proporcional a la resistencia, la cual debe tener un valor lo suficientemente alto para obtener un bajo efecto *Joule* y una disminución en las pérdidas económicas.

La temperatura de funcionamiento de los conductores viene determinada por diversos factores, los principales son:

- La temperatura ambiente
- El calor propio del conductor por la circulación de corriente
- La velocidad de liberación del calor del conductor al medio ambiente
- Los conductores contiguos que estén cargados en la instalación

El código eléctrico en diferentes países como E define diversos factores de corrección aplicables a los valores de corriente permitidos en los conductores, dependiendo de los casos posibles en los que condiciones externas afectan la disipación de calor del conductor, por ejemplo cuando el número de conductores dentro de una canalización sea mayor a 3 o cuando la temperatura ambiente excede de la especificada por el fabricante.

A continuación, se resumen los casos que se pueden presentar:

- Capacidad de corriente para cables aislados en tuberías o directamente enterrados.
- Capacidad de corriente para cables aislados en aire.

- Capacidad de corriente para conductores desnudos.
- Factores de corrección para las capacidades de corriente, para más de 3 conductores en ductos.
- Factores de corrección para la capacidad de corriente para el caso de temperatura ambiente superior de 30 °C.

A continuación se presenta la tabla II que especifica las corrientes nominales de los conductores utilizados normalmente en proyectos de instalaciones, respecto a esta capacidad de corriente es que se debería calcular la selección de conductores por capacidad térmica, de acuerdo a su instalación o utilización.

Tabla II. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2000V nominales

Tamaño o Designación		Temperatura nominal del conductor (véase Tabla 310-13)					
mm ²	AWG o kcmil	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
		TIPOS TW ^a CCE TWD-UV	TIPOS RHW ^a , THHW ^a , THW ^a , THWN ^a , XHHW ^a , TT, USE	TIPOS ML, RHH ^a , RHW-2, THHN ^a , THHW ^a , THHW- LS, THW-2 ^a , XHHW ^a , XHHW-2, USE-2 FEP ^a , FEPB ^a	TIPOS UF ^a	TIPOS RHW ^a , XHHW ^a	TIPOS RHW-2, XHHW ^a , XHHW-2, DRS
		Cobre			Aluminio		
0,824	18	—	—	14	—	—	—
1,31	16	—	—	18	—	—	—
2,08	14	20 ^a	20 ^a	25 ^a	—	—	—
3,31	12	25 ^a	25 ^a	30 ^a	—	—	—
5,26	10	30	35 ^a	40 ^a	—	—	—
8,37	8	40	50	55	—	—	—
13,3	6	55	65	75	40	50	60
21,2	4	70	85	95	55	65	75
26,7	3	85	100	110	65	75	85
33,6	2	95	115	130	75	90	100
42,4	1	110	130	150	85	100	115
53,5	1/0	125	150	170	100	120	135
67,4	2/0	145	175	195	115	135	150
85,0	3/0	165	200	225	130	155	175
107	4/0	195	230	260	150	180	205

Fuente: Normas Técnicas CNEE.

<http://www.energuate.com/sites/default/files/Normas%20TC%CC%A7cnicas%20CNEE2.pdf>.

Consulta: marzo de 2010.

Tabla III. Capacidad de carga por calibre según el tipo de cable

Temperatura ambiente de 30°C						
	UN CABLE AL AIRE LIBRE			CABLES EN CONDUIT o ENTERRADOS		
	TIPOS DE CABLE			TIPOS DE CABLE		
		THW			THW	
CALIBRE	TW	THWN	THHN	TW	THWN	THHN
		XHHW*	XHHW**		XHHW*	XHHW**
AWG o MCM		TTU	TTU		TTU	TTU
	TEMPERATURA MÁXIMA DE OPERACIÓN			TEMPERATURA MÁXIMA DE OPERACIÓN		
	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C
14	20	30	30	20	20	25
12	25	35	40	25	25	30
10	40	50	55	30	35	40
8	55	70	80	40	50	55
6	80	95	105	55	65	75
4	105	125	140	70	85	95
2	140	170	190	95	115	130
1	165	195	220	110	130	150
1/0	195	230	260	125	150	170
2/0	225	265	300	145	175	195
3/0	260	310	350	165	200	225
4/0	300	360	405	195	230	260
250	340	405	455	215	255	290
300	375	445	505	240	285	320
350	420	505	570	260	310	350
400	455	545	615	280	335	380
500	515	620	700	320	380	430
600	575	690	780	355	420	475
750	655	785	885	400	475	535
1000	780	935	1055	455	545	615
VALORES EN AMPERIOS		* LUGARES HÚMEDOS		** LUGARES SECOS		

Fuente: Normas NEC. P. 213

2.3.3.2. Por caída de tensión

La caída de tensión o voltaje es la diferencia existente entre el voltaje de las terminales de la carga y el voltaje de la fuente de alimentación. Esta caída es debida a la impedancia (resistencia y reactancia) que tienen los conductores eléctricos, la reactancia está determinada por diversos factores como: sección, frecuencia, longitud, material, tensión de operación, entre otras.

No basta con calcular los conductores solo con corriente. También es necesario que la caída de voltaje en el conductor no exceda los valores establecidos por la NOM, en su artículo 210-19 marca el porcentaje de caída de tensión establecido. Se permite un 3 % de caída de tensión para circuitos derivados y un 5 % de caída de tensión para el conjunto de alimentadores más derivados.

La caída de voltaje viene determinada por la siguiente fórmula y dependiendo de si es un sistema monofásico o trifásico, se utilizará de la siguiente manera:

- Sistema monofásico o trifásico

$$s = \frac{k L I}{\sigma e \% E_f}$$

Donde

S = sección transversal del conductor en mm²

L = longitud del conductor en m

E_f = voltaje de línea a neutro o línea a línea, según sea el caso

k = coeficiente variable dependiendo números de fases

k = 2 para monofásico, $k: \sqrt{3}$ para trifásico

I = corriente en amperios

σ = conductividad del cobre (57) o aluminio (36) dependiendo el caso

e % = porcentaje de caída de tensión

Teniendo como resultado, luego de las operaciones respectivas ya sea en el caso de una red monofásica o una red trifásica, un valor en mm^2 de área transversal, se procede a escoger el conductor que posea un área transversal en el rango del valor obtenido.

2.3.3.3. Selección de conductor puesto a tierra

Este conductor es el que se utiliza para conectar la parte metálica de los equipos que no transportan corriente, los circuitos o canalizaciones al conductor del electrodo de puesta a tierra.

Para el cálculo de este conductor se utiliza las tablas IV Y V:

Tabla IV. **Área del conductor de tierra para alimentación de los equipos en AWG/Kcmil**

Amperios en fase de voltaje	Tamaño AWG o kcmil conductor tierra
15	14
20	12
30	10
40	10
60	10
100	8
200	6
300	4
400	3
500	2
600	1
800	1/0
1000	2/0
1200	3/0
1600	4/0
2000	250
2500	350
3000	400

Fuente: Normas NEC. Tabla 250.122, P. 231.

Tabla V. **Área del conductor de tierra del tablero de distribución principal al sistema de tierra física**

Conductor fase de voltaje	Conductor tierra
2 es el más pequeño	8
1 o 1/0	6
2/0 o 3/0	4
desde 3/0 a 350 MCM	2
desde 350 MCM a 600 MCM	1/0
desde 600 MCM a 1100 MCM	2/0
desde 1100 MCM	3/0

Fuente: Normas NEC. Tabla 250.66, P 214.

2.4. Canalizaciones

El conjunto de alimentadores o conductores a utilizar en la instalación deben estar protegidos por razones climáticas, mecánicas o de seguridad; esto quiere decir que por lo general deben ir instalados dentro de canalizaciones eléctricas que pueden variar dependiendo de las necesidades a cubrir en el tipo de instalación eléctrica. Las canalizaciones pueden ser clasificadas de la siguiente forma: a la vista (observables a simple vista), embutidas (oculta en muros e inaccesible en forma directa), ocultas (no visualizable, pero accesible en toda su extensión) y subterráneas (bajo tierra). Los tipos de canalizaciones más comunes son las tuberías, las bandejas portacables y los ductos.

2.4.1. Tuberías

Es el conjunto de tubos que forman una estructura determinada a las necesidades preestablecidas, que llevan uno o varios circuitos eléctricos en su interior. En las canalizaciones, las tuberías son uno de los elementos más importantes, porque son las que llevan los conductores que alimentarán a las cargas. La instalación de estas canalizaciones puede ser de dos tipos, empotradas o a la vista.

Para determinar el diámetro de la tubería a utilizar debe tenerse en consideración el calibre del conductor, el número de conductores, el área de los conductores (tamaño nominal).

2.4.1.1. Tuberías tipo PVC

Este tipo de tubería es clasificada como no metálica, debe ser autoextinguible, resistente al aplastamiento, humedad y a ciertos agentes

químicos. La longitud de esta tubería es de 3,0 metros; la temperatura máxima que se recomienda es de 140 °F (60 °C).

Figura 5. **Tubería tipo PVC**



Fuente: <https://sc02.alicdn.com/kf/HTB1vHTfLpXXXXaGXVXXq6xXFXX6/Black-pvc-pipe-pvc-pipe-tubes-for.jpg>. Consulta: noviembre de 2016.

Este tipo de tubería presenta ventajas como:

- Autoextinguible. una de las propiedades más importantes de la tubería PVC es que no propaga la flama, lo cual es una condición de seguridad en las instalaciones eléctricas.
- Aislante. alto coeficiente dieléctrico, lo cual evita cortocircuito de falla de tierra.

- Seguridad. al alambrar por las paredes lisas y libres de rebabas de la tubería PVC, permite un alambrado rápido y eficiente, sin peligro para el forro de los cables.
- Hermeticidad. su unión cementada garantiza la hermeticidad a polvos y líquidos de construcción a lo largo de la trayectoria.
- Durabilidad. para aplicaciones en donde se requiere de resistencia a la corrosión las tuberías de PVC son la mejor opción ya que no se ve afectada por la agresividad de los suelos, es por eso que el tiempo de vida útil es el de mayor durabilidad.
- Ligereza. la tubería PVC tiene un peso de cinco veces menos que el tubo metálico equivalente.

Algunas de las aplicaciones en donde se recomienda utilizar este material son:

- Para protección de conductores eléctricos en instalaciones ocultas o visibles no expuestas al sol.
- Instalaciones de alumbrado público
- Instalaciones eléctricas industriales
- Instalaciones eléctricas de construcciones institucionales
- Instalaciones eléctricas en general

2.4.1.2. Tuberías tipo Conduit

Para la instalación a la vista, por lo general, se utilizan distintos elementos de sujeción de las tuberías a las paredes o techos, tales como, abrazaderas o estructuras de soporte, el tipo de tuberías utilizado son las metálicas rígidas conocidas como tipo Conduit.

El tubo conduit galvanizado de acero está diseñado para proteger cables eléctricos en instalaciones industriales, en áreas clasificadas de alto riesgo de explosión y en zonas de ambiente corrosivo.

Por el contrario, el tubo tipo conduit negro tiene la misma utilidad, pero la palabra negro indica que no está galvanizado, minimizando su capacidad de durabilidad en ambientes corrosivos. El tubo de acero normalmente es galvanizado y puede ser empleado en muchas clases de trabajo dado su resistencia. En especial se recomienda en instalaciones industriales tipo sobrepuesta, en instalaciones a la intemperie o permanentemente húmedos.

Tabla VI. **Dimensiones de tubo conduit**

Diámetro nominal pulgadas	Diámetro interior útil pulgadas	Área interior pulgadas
½	0,622	0,30
¾	0,824	0,53
1	1,049	0,86
1 ¼	1,380	1,50
1 ½	1,610	2,04
2	2,067	3,36
2 ½	2,469	4,79
3	3,168	7,28
3 ½	3,548	9,90
4	4,026	12,72
5	5,047	20,06
6	6,065	28,89

Fuente: ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto. *Manual de instalaciones eléctricas residenciales e industriales*. P. 115.

Figura 6. **Tubería tipo conduit**



Fuente: <http://www.aguayfluido.com/web/css/imagenes/productos/tubos/tubos-conduit.jpg>.

Consulta: noviembre de 2016.

Los usos no permitidos de este tipo de tubería son los siguientes:

- En áreas peligrosas (clasificadas)
- Como soporte de aparatos y otro equipo
- Cuando estén sometidas a temperatura ambiente que supere aquella para la que está aprobado el tubo (conduit).
- Para conductores cuya limitación de la temperatura de operación del aislamiento exceda la temperatura a la cual el tubo (conduit) está aprobado.
- Directamente enterradas
- Para tensiones eléctricas superiores a 150 V a tierra
- En teatros y lugares similares
- Cuando estén expuestas a la luz directa del Sol
- En instalaciones ocultas en plafones y muros huecos de tabla roca
- En cubos y ductos de instalaciones en edificios

Los diámetros de este tipo de tubería están establecidos dentro del mismo rango que para las tuberías tipo EMT, las cuales poseen las mismas características que las conduit con la diferencia que las tipo EMT son nacionales.

2.4.1.3. Cálculo de tubería eléctrica

La dimensión correcta de la tubería a utilizar está determinada por el número de conductores que va a resguardar, porque el espacio libre que se deje de reserva es importante para disipar el calentamiento de los alimentadores en su capacidad de conducción. Para tener la cantidad de aire suficiente para cumplir con esta limitación debe existir una relación entre la sección del tubo y la de los conductores, esta relación es llamada factor de relleno al cual se le asignan diversos porcentajes para la correcta instalación de los conductores dentro de las tuberías. El factor de relleno viene dado por:

$$F_R = \frac{A_c}{A}$$

Donde

F_R = factor de relleno

A_c = área total de los conductores dividido el factor de arreglo (0,8)

A = área interior de la tubería

Los factores de relleno que se manejan son los siguientes:

- Para 1 conductor 53 %
- Para 2 conductores 31 %
- Para 3 o más conductores 40 %

Para la realización de un buen diseño eléctrico en donde exista una conducción óptima para el suministro de energía deseable para todos los equipos eléctricos que se deseen conectar, existe una tabla muy útil y mucho más rápida para conocer el número máximo de conductores que se pueden colocar en una tubería, la cual se muestra a continuación.

Tabla VII. **Número máximo de conductores en tubería**

TIPO DE CABLE	CAL.	1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"	3-1/2"	4"
THHN, THWN	14	12	22	35	61	84	138	241	364	476	608
THWN-2	12	9	16	26	45	61	101	176	266	347	443
	10	5	10	16	28	38	63	111	167	219	279
	8	3	6	9	16	22	36	64	96	126	161
	6	2	4	7	12	16	26	46	69	91	116
	4	1	2	4	7	10	16	28	43	56	71
	3	1	1	3	6	8	13	24	36	47	60
	2	1	1	3	5	7	11	20	30	40	51
	1	1	1	1	4	5	8	15	22	29	37
	1/0	1	1	1	3	4	7	12	19	25	32
	2/0		1	1	2	3	6	10	16	20	26
	3/0		1	1	1	3	5	8	13	17	22
	4/0		1	1	1	2	4	7	11	14	18
	250			1	1	1	3	6	9	11	15
	300			1	1	1	3	5	7	10	13
	350			1	1	1	2	4	6	9	11
	400				1	1	1	4	6	8	10
	500				1	1	1	3	5	6	8
	600				1	1	1	2	4	5	7
	700				1	1	1	2	3	4	6
	750					1	1	1	3	4	5
	800					1	1	1	3	4	5
	900					1	1	1	3	3	4
	1000					1	1	1	2	3	4

Fuente: Normas NEC. Tabla C.1, anexo c.

2.5. Selección de protecciones

Los dispositivos de protección son necesarios para preservar la vida útil de los equipos e instalaciones eléctricas ante fallas que puedan ocurrir en ellos mismos o en el sistema, es por esto que hacer una correcta selección de estos proporcionará un buen servicio y seguridad en el mantenimiento de los equipos.

Las protecciones a utilizar son interruptores automáticos, están diseñados para operar el circuito en circunstancias anormales de corriente, el disparo se produce para un cierto valor de corriente. Existen dos tipos de estos interruptores, electromagnéticos en aire y termomagnéticos en caja moldeada.

Los interruptores electromagnéticos son utilizados en subestaciones y tableros; y los termomagnéticos son instalados a nivel residencial, comercial, entre otros. Los termomagnéticos son diseñados para un tiempo fijo de disparo.

Es importante conocer los siguientes datos independientemente del tipo de interruptor que se vaya a utilizar: tensión del circuito, capacidad de interrupción, corriente de operación en condiciones normales de trabajo del circuito, número de polos, frecuencia y condiciones de operación (ambientales, humedad, corrosión, altitud o posición de montaje).

Para realizar la selección de las protecciones se tiene una corriente de diseño, permite escoger el conductor adecuado, luego, por la capacidad del conductor se escogerá la protección correspondiente.

Como es el caso de una construcción tan grande e importante para eventos específicos como lo es el Santuario Nuestra Señora de Lourdes, existen subtableros que dependen de otros y estos a su vez de un principal, entonces debe seleccionarse las protecciones con cuidado, deberán estar bien coordinadas tanto en capacidad de corriente como de interrupción y el tiempo de disparo cuando ocurra una falla.

Las capacidades normalizadas de corriente de los fusibles e interruptores automáticos (*breakers*) de tiempo inverso, son: 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 1.000, 1.200, 1.600, 2.000, 2.500, 3.000, 4.000, 5.000 y 6.000 Amperes.

Los interruptores comerciales de la marca Westinghouse están diseñados con las siguientes capacidades de corriente: 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 100,

125, 150, 160, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 630, 700 y 800 Amperes.

Todo sistema de protección por sobrecarga y cortocircuito, generalmente consta de una coordinación de protecciones individuales que pueden resumirse en tres tipos fundamentales: relevadores, fusibles e interruptores.

2.5.1. Relevador

Se define al relevador como el dispositivo electromecánico que provoca un cambio en uno o más circuitos de control eléctrico, cuando la cantidad medida a la cual responde, cambia de una manera prescrita.

Todos los relevadores utilizados para protección de cortocircuitos y muchos otros tipos, también funcionan en virtud de la corriente o tensión proporcionada a estos por los transformadores de corriente y tensión conectados en diversas combinaciones al elemento del sistema que va a protegerse.

Por cambios individuales o relativos en estas dos magnitudes las fallas señalan su presencia, tipo y localización a los relevadores de protección. Para cada tipo y localización de falla, hay alguna diferencia característica en estas magnitudes, así como varios tipos de equipos de protección por relevadores disponibles, cada uno de los cuales está diseñado para reconocer una diferencia particular y funcionan en respuesta a esta.

Existen más diferencias posibles en estas magnitudes de las que uno pueda sospechar. Las diferencias en cada magnitud son posibles en una o más de las que siguen:

- Magnitud
- Frecuencia
- Ángulo de fase
- Duración
- Razón de cambio
- Dirección u orden de cambio
- Armónicas o forma de onda

Cuando tensión y corriente se consideran en combinación o relativas a magnitudes similares en diferentes localidades, existen relevadores disponibles para propósitos de discriminación.

Figura 7. **Relevador de sobrecarga**



Fuente:

<http://static.globered.com/images/users/163943/2010093002002300000882130000163943.jpg>.

Consulta octubre de 2016.

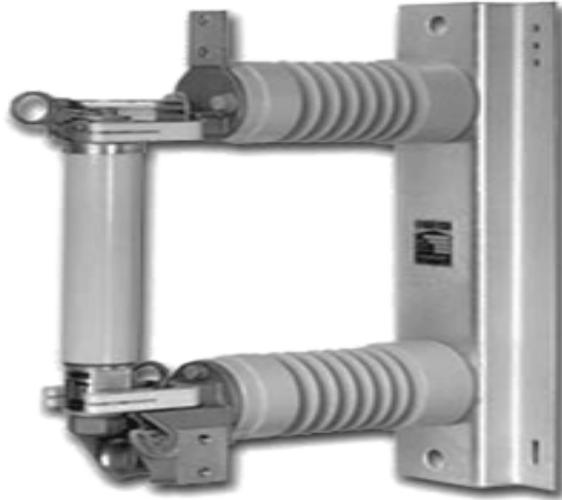
2.5.2. Fusibles

Los fusibles son autodestructivos, cuando actúan cortando un circuito, deben reponerse para establecer el servicio, están constituidos por un cartucho de porcelana en cuyo interior se aloja el conductor fusible generalmente de una cinta o un alambre de aleación de plomo - estaño que posee un bajo punto de fusión, que se funde cuando se excede del límite para el cual ha sido diseñado en un medio de extinción de aleación de plomo.

Tipos de fusible, según normas americanas:

- Fusible de tapón: utilizado en casas de habitación con capacidades de 10, 15 y 20 amperios.
- Fusible de cartucho: que pueden ser tipo casquillo para capacidades de 3 a 60 amperios, estos fusibles son renovables, si se funde el elemento fusible, puede ser reemplazado.
- Fusibles ordinarios
- Fusibles limitadores de corriente

Figura 8. **Fusible de potencia**



Fuente: http://www.ensys.pe/productos/images/sandc_fusible_sm.jpg. Consulta: octubre de 2016.

2.5.3. Interruptor

Existen tres tipos: térmico, magnético y termomagnético.

Los de tipo magnético protegen contra cortocircuitos en funcionamiento normal, la corriente pasa por la bobina del electroimán creando un campo magnético débil. Si la intensidad es mayor de un determinado valor, el campo magnético creado es suficientemente fuerte como para poner en funcionamiento un dispositivo mecánico que interrumpe la corriente eléctrica. El valor de esta corriente suele ser de entre 3 y 20 veces mayor que la corriente nominal, protegiendo al circuito de cortocircuitos.

Se suelen usar para proteger motores con arrancadores cuando estos últimos disponen de protección térmica integrada. (La protección térmica es la encargada de interrumpir la corriente en condiciones de sobrecarga).

Los de tipo térmico actúan contra sobrecargas, usa un elemento bimetálico, el cual se calienta y se dobla en una situación de sobrecorriente; este desplazamiento permite liberar el pestillo de corte. Este tipo es frecuentemente usado en circuitos de control de motores. Estos interruptores a menudo poseen un elemento que compensa el efecto de la temperatura ambiente sobre el rango de corriente del aparato.

Los de tipo termomagnético son dispositivos de protección de circuitos que ejecutan principalmente dos funciones; abrir y cerrar un circuito por medio del accionamiento manual de una palanca e interrupción automática de circuitos, bajo condiciones de sobrecargas mantenidas o de corto circuito, en la figura 7 y 8 se puede observar las partes del interruptor termomagnético.

Cuando se abre un interruptor automático para despejar una falla, la palanca se mueve a su posición disparada, (*tripped*), es decir, el punto intermedio entre las posiciones de conectado (*on*), y desconectado (*off*), lo cual indica claramente que el interruptor ha funcionado. Una vez eliminada la causa de la falla el interruptor puede volver a cerrarse moviendo la palanca a la posición *off*, y luego a la posición de conectado *on*.

Los interruptores termomagnéticos tienen las características de disparo libre, lo que significa que los contactos del interruptor no pueden mantenerse cerrados bajo condiciones de falla, están diseñados con el fin de proteger a los conductores aislados en contra de calentamiento excesivo que puede dañar el material aislante del conductor y al mismo conductor. No solo deben permitir el paso de corriente del circuito en todo momento bajo condiciones normales y efectuar el disparo bajo condiciones de sobrecarga, sino también deberán tener la capacidad suficiente de interrupción, para interrumpir con éxito la corriente de

corto circuito que pueda producirse bajo las condiciones de sobrecorriente más desfavorables.

Los interruptores se clasifican en tamaños según su rango, lo que comúnmente se conoce como tamaño del marco (*frame size*). Se define como un grupo de interruptores del mismo tamaño y configuración física, en donde el tamaño del marco está expresado en amperios y corresponde al de mayor rango en amperios de dicho grupo.

Actualmente el rango de interruptores termomagnéticos es muy grande y variado, ya que varían entre cada fabricante, por lo que se hacen dos grupos dependiendo del uso y operación: en caja moldeada (*molded case*) y de potencia o de aire (*air circuit breakers – draw out*). Al especificar interruptores se hace referencia a su tamaño de marco (*frame size*) indicando lo siguiente: rango en amperios, voltaje, capacidad interruptora en kiloamperios, si tiene unidad de disparo intercambiable y para los de rango mayor; si son termomagnéticos de estado sólido o de potencia (aire).

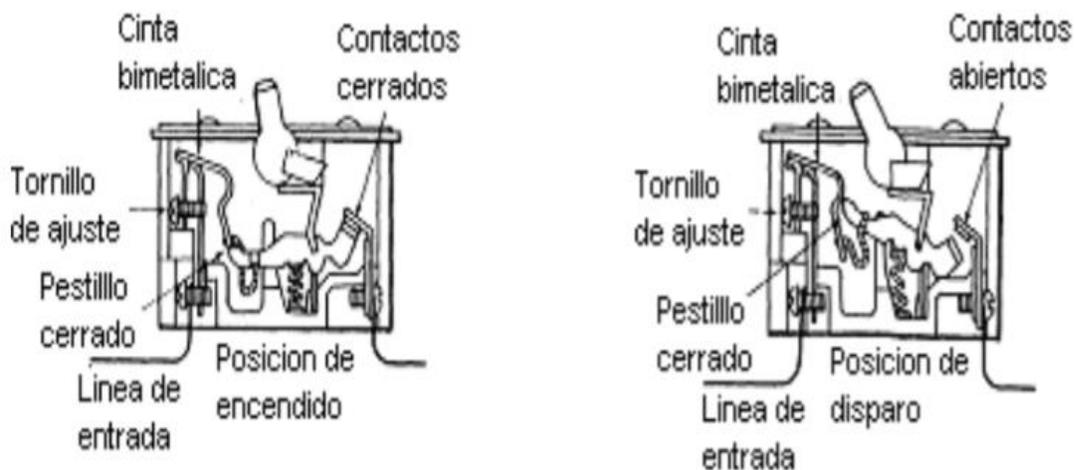
En la categoría de rango normal, los interruptores se fabrican para uno, dos y tres polos, desde 15 A hasta 100 A y de 125 A hasta 225 A. Dentro de este rango ninguno tiene el mecanismo de disparo intercambiable, y solamente algunos de los de mayor rango de este grupo (225 amperios) y de alta capacidad interruptora, poseen ajuste del disparo instantáneo magnético.

Los interruptores de un polo son para voltajes de 120/240 V. Los de dos y tres polos pueden ser para 240 V, 480 V y 600 V. La capacidad de interrupción de corriente varía desde los 10 000 amperios como mínimo hasta 65,000 amperios para los de alta capacidad. Los elementos de disparo de sobrecarga térmica no son ajustables, pero el disparo instantáneo magnético puede

ajustarse desde aproximadamente 5 veces menos, hasta unas 10 veces más rápido tomando como referencia el rango de disparo nominal. Un elemento de disparo no intercambiable significa que el rango de tiempo en que debe dispararse, es calibrado en la fábrica.

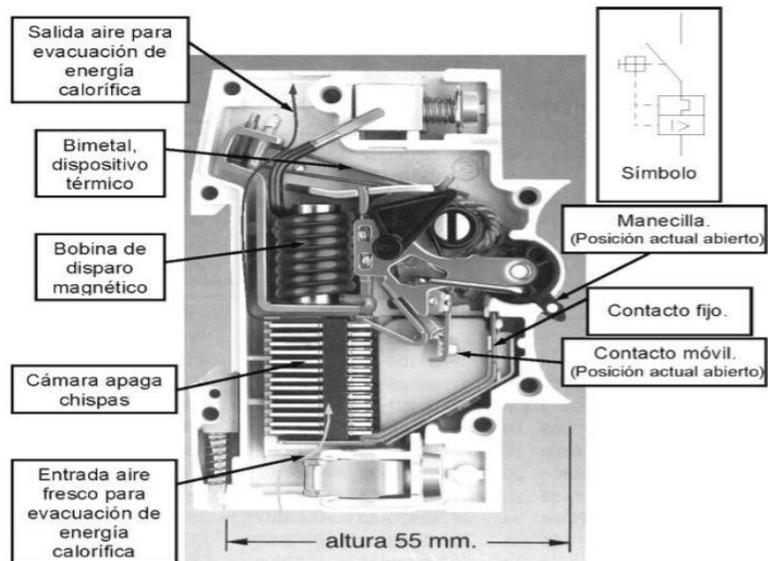
El disparo de un interruptor por sobrecarga se debe a la acción térmica, este accionamiento se obtiene con un elemento que responde a la corriente de sobrecarga.

Figura 9. **Partes de un interruptor termomagnético**



Fuente: HARPER, Enrique. *El ABC de las instalaciones eléctricas*. P. 20.

Figura 10. **Especificaciones de un interruptor termomagnético**



Fuente: <http://www.telemecanique.electric.mx.com>. Consulta: septiembre de 2016.

2.6. **Tableros**

Los tableros cumplen la función de recibir la energía eléctrica y distribuirla por medio de conductores a las cargas de los circuitos derivados, estos se protegen individualmente para sobrecargas y cortocircuito por medio de fusibles o interruptores termomagnéticos montados en los tableros junto a los instrumentos de medición.

El tablero eléctrico es la parte principal de la instalación eléctrica, en el mismo se encuentran todos los dispositivos de seguridad y maniobra de los circuitos eléctricos de la instalación. Consiste en una caja donde se montan los interruptores automáticos respectivos, cortacircuitos y fusibles, y el medidor de consumo.

Funciones del tablero:

- Dividir un circuito eléctrico en varios circuitos derivados
- Proveer de un medio de conexión y desconexión manual a cada uno de los circuitos derivados.
- Proteger cada uno de los circuitos contra sobrecorrientes
- Concentrar en un solo punto todos los interruptores

De acuerdo con la ubicación en la instalación, los tableros reciben las designaciones siguientes:

- Caja o gabinete individual de medidor, es el que acomete el circuito de alimentación y que contiene el medidor de energía desde donde parte el circuito principal. Esta caja o gabinete puede contener además, medios de maniobra, protección y control pertenecientes al circuito de alimentación.
- Tablero principal de distribución: se conecta a la línea principal y que contiene el interruptor principal y del cual se derivan el (los) circuito (s) secundarios.
- Tablero o gabinete colectivo de medidores: es el que acomete el circuito de alimentación y que contiene los medidores de energía y los circuitos principales. Este tablero puede contener a los dispositivos de maniobra, protección y control pertenecientes al circuito de alimentación y a los interruptores principales pertenecientes a la instalación del inmueble, desde donde parten los circuitos seccionales. En este caso los cubículos o

gabinetes que albergan a los interruptores principales se comportan como tableros principales.

- Tablero secundario de distribución: es el segundo nivel y lo abastece el tablero principal, suministrando a su vez corriente a otros equipos o tableros de distribución de tercer nivel.
- Tablero de distribución local: es la unidad que suministra corriente a un equipo determinado.

Figura 11. **Tablero de caja o gabinete**



Fuente: <http://www.squared.com>. Consulta: septiembre de 2016.

De acuerdo a su aplicación los tableros reciben las designaciones siguientes:

- Tablero residencial o centro de carga
- Centro de distribución de potencia

- Centro de Fuerza
- Centro de Control de Motores
- Tableros de Distribución
- Tableros de Alumbrado
- Consolas y Pupitres de Mando
- Celdas de Seccionamiento
- Subestaciones

2.6.1. Tablero de distribución

En cualquier instalación eléctrica, el punto de conexión después del medidor de energía eléctrica lo constituye el tablero de distribución, puede estar constituido de uno o más interruptores de cuchilla con palanca y protección de fusibles o de una combinación de fusible y termomagnético. Se fabrican para instalación interior bajo techo o para instalación a la intemperie.

Figura 12. **Tablero de distribución**



Fuente: <http://www.schneider-electric.co.cr/images/datasheet/electrical-distribution/powerlink.jpg>. Consulta: octubre de 2016.

El origen de los tableros y centros de carga fue como consecuencia de las siguientes necesidades:

- Dividir grandes sistemas eléctricos en varios circuitos para reducir calibres de conductores.
- Tener medios de conexión y de protección para cada circuito eléctrico de un sistema.

- Localizar en un solo lugar los dispositivos mencionados en el punto anterior.

El tablero con interruptor principal recibe el circuito alimentador a través de un interruptor termomagnético que forma parte integral de él y le brinda un medio de protección y conexión general.

El circuito alimentador o línea de alimentación se refiere a tableros y centros de carga, sería aquel circuito que proporcione la energía eléctrica al tablero. El circuito derivado, se da ese nombre a cada a los que alimentan a través de cada uno de sus interruptores, los cuales también reciben el nombre de derivados.

Fases, hilos y número de polos, cuando a un tablero lo alimenta una línea de corriente o dos, se dice que es de una fase, siendo en estos dos casos absolutamente necesaria la conexión del hilo neutro. Cuando al tablero llegan las tres líneas de corriente, se dice que es de tres fases. El número de hilos en el tablero queda definido por la suma de los cables de línea y neutro que lo alimentan.

2.6.2. Clasificación de tableros de distribución

De acuerdo al montaje:

- Superficial o adosado: van montados sobre la pared y asegurados con pernos, o sobre bases de concreto.
- Empotrado: van ocultos dentro de la pared, generalmente son pequeños; de manera que puedan empotrarse en una pared normal.

- Autosoportado: el tablero se fija directamente sobre el piso.

De acuerdo al número de fases:

- Monofásico, 3 hilos
- Trifásico, 3 hilos
- Trifásico, 4 hilos

De acuerdo al voltaje:

- 240 / 120 V
- 208 / 120 V
- 480 / 277 V
- 600 V

De acuerdo al número de espacios específicos o capacidad:

- Monofásico: 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24, 30 y 42 espacios.
- Trifásico: 3, 12, 18, 24, 30, y 42 espacios.

2.7. Principios básicos de distribución de media tensión

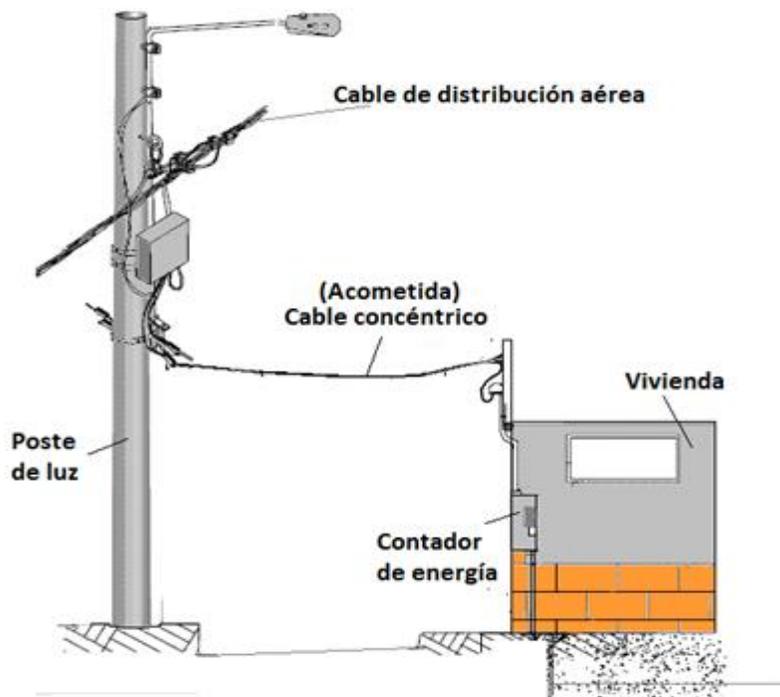
Un sistema de distribución está conformado por diversos componentes, la acometida principal de llegada de la compañía de servicio, las protecciones necesarias en todo el sistema, los transformadores distribuidos alrededor del inmueble para obtener la tensión a la que se desea realizar la distribución interna en baja tensión, en caso de tener sistemas preferenciales o de emergencia se debe de considerar la utilización de plantas de emergencia para suplir la carga en caso de falla.

2.7.1. Acometida principal

Es la suministrada por la compañía de servicio para suplir la demanda de la carga que se va a conectar al sistema principal.

Es el segmento de la red de distribución eléctrica que llega a los hogares. Puede instalarse por vía aérea, subterránea o mixta. Se debe montar realizando siempre el trazado más corto.

Figura 13. Acometida principal instalada vía aérea

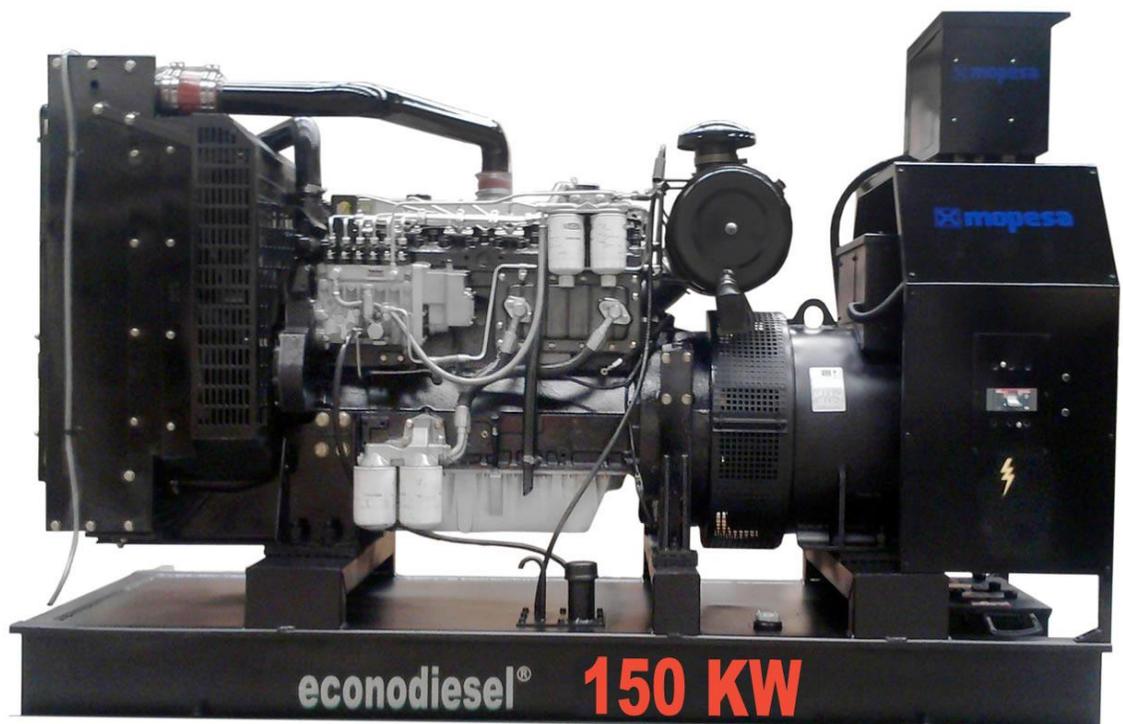


Fuente: http://3.bp.blogspot.com/-Dg_m7qnF6bs/Ur2VOKkDzCI/AAAAAAAAAP8/1dEHKP7V8-E/s1600/Aplicacion+de+cable+de+distribuci%C3%B3n+a%C3%A9rea.png. Consulta: septiembre de 2016.

2.7.2. Plantas de emergencia

Estos sistemas están diseñados para suministrar automáticamente iluminación o fuerza en determinadas áreas críticas y equipos en caso de falla del suministro normal o en caso de falla de elementos del sistema diseñado para suministrar, distribuir y controlar la fuerza e iluminación indispensables para la seguridad de la vida humana.

Figura 14. Planta de emergencia



Fuente: <http://www.mopesa.com.mx/imagenes/150%20Kw.jpg>. Consulta: octubre de 2016.

2.8. Principios de puesta a tierra

Este sistema se basa en la conexión física que se realiza entre las partes no conductoras de un equipo eléctrico y tierra, de esta forma se limita la tensión en las partes metálicas de los equipos para evitar que alcancen valores peligrosos para la vida de un ser humano, además de evitar el acumulamiento de cargas electrostáticas que podrían provocar explosiones. En caso de falla del aislamiento de un equipo el hecho de conectarlo a tierra crea un camino de baja impedancia para el drenaje de la corriente.

Por lo general se realiza enterrando barras de *Copperweld* de 5/8" x 2,4 m y son conectadas mediante un alambre de cobre desnudo #2/0 para crear un anillo de equipotencialidad. También se podría hacer el sistema de puesta a tierra conectando la red de tierra a las tuberías de aguas blancas, si son de cobre o hierro galvanizado.

Con el sistema de puesta a tierra se busca que las corrientes de falla a tierra encuentren un camino más fácil, que el que ofrecería el cuerpo de una persona que tocara la carcasa metálica bajo tensión. De esta manera, como el sistema de puesta a tierra tiene una resistencia mucho menor que la del cuerpo humano, la corriente de falla circulará por la red de tierra en lugar de hacerlo por el cuerpo de la persona.

Las normas de aplicación establecen que en las instalaciones eléctricas en general, se conectarán al sistema de puesta a tierra:

- Las instalaciones de pararrayos: los sistemas de pararrayos deben ser instalados para cumplir la función de protección contra descargas atmosféricas. El objeto de instalar pararrayos en edificios es ofrecer

protección al inmueble contra el rayo, producto de una descarga eléctrica, derivada de una tormenta atmosférica, que venga o vaya hacia tierra.

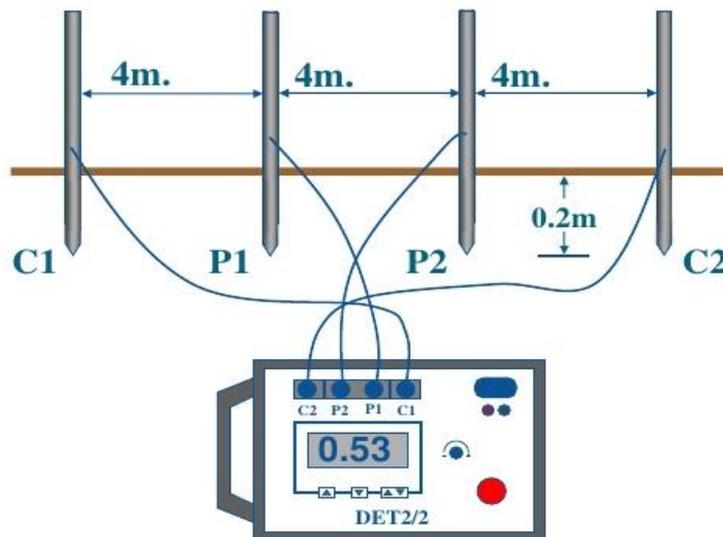
- Las instalaciones de antenas, tanto de TV como de FM.
- Los tomacorrientes y las masas metálicas de baños y cocinas.
- Las estructuras metálicas y las armaduras de columnas y muros de hormigón.
- Las instalaciones ejecutadas con tubos metálicos de: agua y calefacción, así como calderas, depósitos, instalaciones de ascensores y montacargas, y en general todo elemento metálico que pueda entrar en contacto con un cable bajo tensión.
- Sistemas eléctricos en corriente alterna cuando el voltaje a tierra esté entre 50 y 150 V.
- Sistemas de corriente alterna de menos de 50 V si están alimentados por transformadores de sistemas a más de 150 V a tierra o por sistemas no aterrizados.

Por este motivo en los aparatos y en la instalación eléctrica, hay que prever un cable de puesta a tierra que se conecte directa o indirectamente al sistema de puesta a tierra. En las instalaciones industriales deben realizarse tomas de tierra independientes para las masas metálicas de los aparatos eléctricos, para la conexión de los neutros de los transformadores de potencia y para la conexión de los descargadores o pararrayos.

2.8.1. Factores que influyen en la resistividad del terreno

Desde el punto de vista eléctrico, un terreno se caracteriza por su resistividad. Es importante que la resistividad sea lo más baja posible. Puesto que los terrenos no suelen ser uniformes en cuanto a su composición, un terreno dado tendrá una resistividad aparente que promedia los efectos de las diferentes capas que componen el terreno.

Figura 15. Ejemplo de medición de resistividad del terreno



Fuente: <http://image.slidesharecdn.com/presentaciondemedicionderesistividad-120503120835-phapp01/95/medicion-de-resistividad-del-suelo-10-728.jpg?cb=1336047496.jpg>. Consulta: agosto de 2016.

La resistividad aparente no es constante en el tiempo y se ve afectado por varios factores, siendo los principales:

- Naturaleza del terreno
- Humedad

- Temperatura
- Salinidad
- Estratigrafía
- Variaciones estacionales

2.9. Lámparas y luminarias

Para iluminar espacios carentes de luz es necesaria la presencia de fuentes de luz artificiales, las lámparas y aparatos que sirvan de soporte y distribuyan adecuadamente la luz, las luminarias. De esta forma es posible vencer las limitaciones que la naturaleza impone a las actividades humanas.

2.9.1. Lámparas LED

Una lámpara tipo Led es una lámpara de estado sólido que usa Leds (diodos emisores de luz) como fuente luminosa. Debido a que la luz capaz de emitir un Led no es muy intensa, para alcanzar la intensidad luminosa similar a las otras lámparas existentes como las incandescentes o las fluorescentes compactas, las lámparas Led están compuestas por agrupaciones de Led, en mayor o menor número, según la intensidad luminosa deseada.

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

Los diodos funcionan con energía eléctrica de corriente continua (CC), de modo que las lámparas Led deben incluir circuitos internos para operar desde el voltaje CA estándar. Los Led se dañan a altas temperaturas, por lo que las lámparas Led tienen elementos de gestión del calor, tales como disipadores y aletas de refrigeración. Las lámparas Led tienen una vida útil larga y una gran eficiencia energética, pero los costos iniciales son más altos que los de las lámparas fluorescentes.

Figura 16. **Lámparas LED**



Fuente: http://cdn.hubbellindustrial.com/content/products/images/large/hil_lbx_bronze_large.jpg.

Consulta: septiembre de 2016.

La lámpara Led alcanza su propósito agrupando varios Leds pequeños en una manera ordenada, de tal modo creando una viga unificada. Las ventajas inherentes del Led incluyen:

- Alta durabilidad: ningún filamento o tubo que se pueda romper.
- Alta vida: los Led duran aproximadamente 50 000 horas.
- Bajo consumo eléctrico: reducción en el pago de servicios eléctricos.
- Flexibilidad: el tamaño puede utilizar varios Leds en un mismo dispositivo, dependiendo de la iluminación que requiera.
- Baja generación de calor: genera menor calor a comparación de las bombillas tradicionales.
- También debido a su bajo consumo de energía, el LED puede ser encendido por medio de celdas solares de carga, las cuales pueden abastecer el mismo por un tiempo prolongado.

2.9.2. Cálculo de luminarias

Se pueden definir dos niveles en la iluminación de interiores: local y general. El primero se refiere a las necesidades de la luz para tareas específicas que se desarrollan en diferentes puntos del espacio a iluminar. El segundo, el nivel general corresponde a la iluminación en todas las demás áreas. También puede llamarse alumbrado general por zonas, cuando se deciden niveles de iluminación diferentes para cada zona, lo cual resulta más económico.

Además de definir el nivel de iluminación general se requiere cuidar la colocación de las luminarias, de tal forma que se reduzca el deslumbramiento directo o reflejado o las sombras indeseables.

2.9.2.1. Cálculo por el método de cavidades zonales

Este método se utiliza únicamente para el cálculo de alumbrado de interiores y está basado en la definición de lux, que es igual a un lumen por metro cuadrado.

Los tipos de iluminación para interiores son las diversas formas en que se deben ubicar las fuentes luminosas para solucionar problemas visuales, los cuales deben estar en forma proporcional para satisfacer una adecuada operatividad visual a realizarse en determinado ambiente constructivo, estos se dividen en los siguientes:

- Iluminación directa: es aquella en la cual la fuente luminosa está dirigida directamente hacia el área de trabajo o el área a iluminarse.
- Iluminación semidirecta: es la que la proyección del flujo luminoso que sale al área de trabajo proviene de la combinación de la luz directa de la fuente de luz y una parte del flujo luminoso que se refleja en las paredes techos y mobiliario.
- Iluminación indirecta: es en la que la fuente luminosa es dirigida a una pared, techo o a un mobiliario la cual o las cuales reflejan al flujo luminoso a la zona a iluminarse.
- Iluminación semiindirecta: es aquella en la cual el manantial emite flujos luminosos, unos inciden en el techo o en otro tipo de superficie que los refleja hacia la zona de trabajo, otras traspasan directamente superficies

opacas y se distribuyen en todas las direcciones y uniformemente en la zona de trabajo.

- Iluminación difusa: es aquella en la que la fuente luminosa emite rayos, los cuales son dirigidos directamente a una superficie opaca y al traspasarlas se reparten uniformemente en todas las direcciones del área de trabajo.

Con la información del fabricante sobre la emisión luminosa inicial de cada lámpara, la cantidad instalada y el área de la zona considerada (en metros cuadrados), puede obtenerse el número de lúmenes por metro cuadrado o luxes.

Este valor difiere de los luxes medidos debido a que algunos lúmenes son absorbidos por la misma luminaria o por la influencia de otros factores tales como la suciedad de la luminaria y la disminución gradual de la emisión de luz de las lámparas.

El nivel de iluminación recomendado se considera de acuerdo al tipo de actividad que se va a desarrollar, utilizando la cantidad de luxes necesarios para el óptimo desarrollo de las actividades.

Dado lo anterior se aplica la siguiente ecuación:

$$E = \frac{\varphi_T}{S} Fm \cdot Cu$$

Donde

E = Nivel de iluminación recomendado, luxes

φ_T = flujo de todas las luminarias en el espacio a iluminar, lumen

S = superficie del espacio a iluminar, m^2

Donde $S = A \cdot L$

A = ancho del local, en metros

L = largo del local, en metros

Fm = factor de mantenimiento, adimensional

Cu = coeficiente de utilización, adimensional

Considerando un local rectangular se determina que la superficie está en función del ancho y el largo del local. El flujo total de todas las luminarias está en función de la cantidad de N luminarias distribuidas en grupos de n lámparas por el flujo de cada lámpara, expresándose con la siguiente ecuación:

$$\varphi_t = N \cdot n \cdot \varphi_{lampara}$$

Donde

N = número de luminarias en el local

n = número de lámparas en una luminaria

$\varphi_{lampara}$ = flujo luminoso de una lámpara, lumen

Sustituyendo estas ecuaciones en la inicial, se tiene la siguiente:

$$E = \frac{\varphi_{lampara} \cdot n \cdot N}{A \cdot L} Fm \cdot Cu$$

En esta expresión la principal incógnita suele ser el número de luminarias N, debido a que:

- El valor de E es propuesto de acuerdo a valores recomendados en la tabla A-1 en anexos (por ejemplo 200 lux para una sala de espera).
- El valor de n es propuesto de acuerdo al tipo de luminaria a utilizar (por ejemplo 3 fluorescentes por luminaria).
- Las dimensiones A y L del local son medidas
- $\varphi_{lampara}$, flujo luminoso de la lámpara, en el catálogo del fabricante

Despejando N, queda:

$$N = \frac{E \cdot A \cdot L}{n \cdot \varphi_{lampara} \cdot Fm \cdot Cu}$$

De esta forma se calcula el número de luminarias para determinada zona o plano de trabajo.

En donde para obtener el valor del coeficiente de utilización y factor de mantenimiento, se necesitan datos importantes que se obtienen de fórmulas y definiciones mostradas en la figura 17 y tabla VIII.

Figura 17. Cálculo del índice del local o cavidad del recinto

COEFICIENTES DE LA CAVIDAD

- Coeficiente de la Cavidad del Techo.

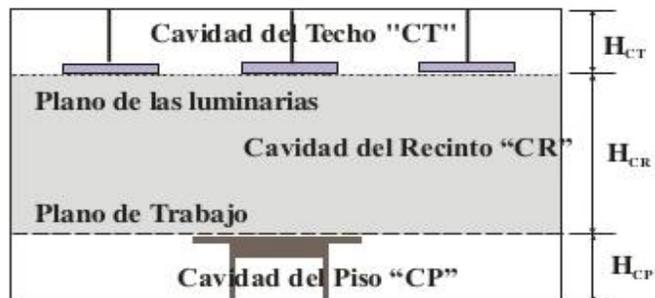
$$CT = \frac{5 \cdot H_{CT} \cdot (L + W)}{L \cdot W}$$

- Coeficiente de la Cavidad del Recinto.

$$CR = \frac{5 \cdot H_{CR} \cdot (L + W)}{L \cdot W}$$

- Coeficiente de la Cavidad del Piso

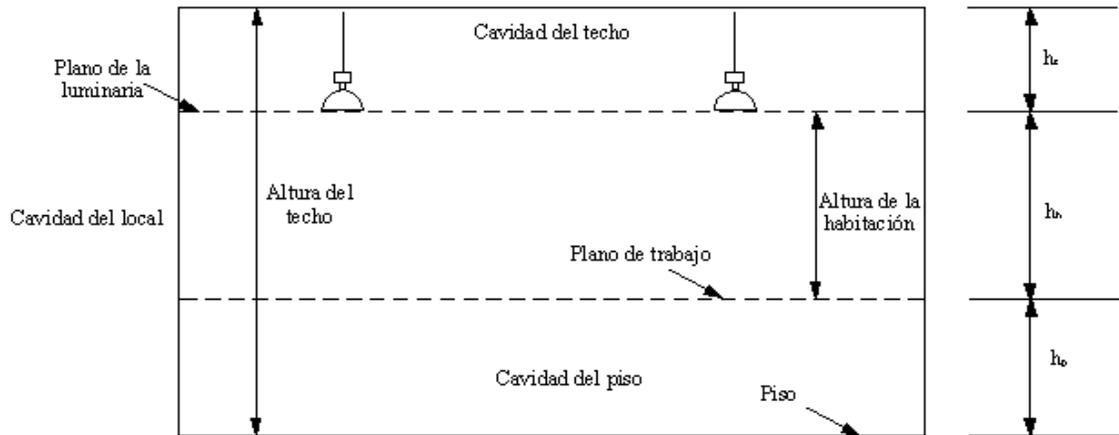
$$CP = \frac{5 \cdot H_{CP} \cdot (L + W)}{L \cdot W}$$



Fuente: <https://image.slidesharecdn.com/iluminaciondeinteriores-130316154854-phpapp02/95/iluminacion-de-interiores-42-638.jpg?cb=1363449024>. Consulta: Julio de 2015.

Para una mejor visualización de las alturas que se deben de considerar para utilizar el método de cavidad zonal, se muestra la siguiente figura:

Figura 18. Alturas método cavidad zonal



Fuente:

http://patricioconcha.ubb.cl/eleduc/public_www/capitulo7/calculo_de_iluminacion_clip_image002_0006.jpg. Consulta: octubre de 2016.

Tabla VIII. Factor de mantenimiento

Ambiente	Factor de mantenimiento (f_m)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

Fuente: E. Campero. *Instalaciones eléctricas conceptos básicos y diseño*. P.150.

2.10. Paneles solares

Al hablar de la energía solar como una energía renovable, se tiene que hacer mención además al hecho de contar con transductores que permitan convertir diversas formas de energías naturales en energías utilizables por el hombre.

La energía solar fotovoltaica es la transformación directa de la luz solar en electricidad. Esta transformación se produce en unos dispositivos denominados paneles fotovoltaicos. En los paneles fotovoltaicos, los fotones de la luz solar excitan los electrones de un dispositivo semiconductor generando un pequeño voltaje (diferencia de potencial). La conexión en serie de estos dispositivos permite obtener voltajes mayores.

Aunque el efecto fotovoltaico era conocido desde el siglo XIX, fue en la década de los 50, en plena carrera espacial, cuando los paneles fotovoltaicos comenzaron a experimentar un importante desarrollo. Inicialmente utilizados para suministrar electricidad a satélites geoestacionarios de comunicaciones, hoy en día constituyen una tecnología de generación eléctrica renovable.

Una de las principales virtudes de la tecnología fotovoltaica es su aspecto modular, pudiéndose construir desde enormes plantas fotovoltaicas en suelo hasta pequeños sistemas domésticos para tejados.

Los paneles fotovoltaicos consisten en una red de células solares conectadas como circuito en serie para aumentar la tensión de salida hasta el valor deseado (usualmente se utilizan 12V o 24V) a la vez que se conectan varias redes como circuito paralelo para aumentar la corriente eléctrica que es capaz de proporcionar el dispositivo.

El tipo de corriente eléctrica que proporcionan es la corriente continua, por lo que si necesitamos corriente alterna o aumentar su tensión, tendremos que añadir un inversor o un convertidor de potencia.

Figura 19. **Paneles solares**



Fuente: <http://static1.erenovable.com/wp-content/uploads/2015/03/ventajas-panel-solar-600x400.jpg>. Consulta: noviembre de 2016.

3. MEMORIA DE CÁLCULO DEL DISEÑO DE SUMINISTRO DE ENERGÍA EFICIENTE DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL SANTUARIO NUESTRA SEÑORA DE LOURDES

3.1. Cálculo de potencia de las instalaciones

Según las necesidades planteadas por la comunidad del Santuario Nuestra Señora de Lourdes, se llegó a una conclusión técnica profesionalmente y económica con un diseño eléctrico, para su futura implementación, teniendo así un sistema de distribución eléctrica trifásico, separando la potencia total en tres fases que alimentan desde el banco de transformadores al tablero principal y del tablero principal a los subtableros que cubren todas las cargas ubicadas estratégicamente en toda el área de las instalaciones del santuario.

Previendo una continuidad en servicio, manteniendo una seguridad y eficiencia en la energía a utilizar y teniendo una secuencia económica estable para su futura implementación, satisfaciendo así las necesidades establecidas con el santuario.

Para el cálculo de las potencias y corrientes mostradas en los siguientes tableros se tomaron en cuenta las cargas que se deseaban conectar, tomando en cuenta la corriente, potencia de consumo, voltaje y factor de potencia con el cual operan.

3.1.1. Diseño general y cálculo de capacidad del transformador

En el diseño eléctrico elaborado para el caso del transformador principal se establecieron 11 subtableros de distribución eléctrica y 1 tablero principal, para un total de 12 tableros en el sistema, los cuales tienen características técnicas, áreas asignadas en el Santuario y un detalle del área al que pertenece cada uno de sus circuitos, todo esto se muestra en planilla de tableros, capítulo 4, inciso 4.3.

En el caso del transformador secundario para audio, video y luces de escena el cual se diseñó con el propósito de cubrir con la demanda de potencia para realizar cualquier tipo de eventos en las instalaciones del santuario y se ubicó individual debido a factores técnicos en servicio y funcionamiento como económicos. En dicho transformador se establecieron 3 subtableros de distribución eléctrica y 1 tablero principal TP-2, para un total de 4 tableros, los cuales tienen características especiales las cuales se muestran en planilla de tableros, capítulo 4, inciso 4.3.

Por lo tanto en total en todo el sistema eléctrico de las instalaciones del santuario, se tiene un total de 16 tableros eléctricos.

Para la realización del cálculo de la capacidad de los transformadores se necesita tener los datos de potencias aparentes de cada tablero, que a su vez tiene resumidas cada tablero principal, el cual está conectado directamente al transformador *Pad-Mounted* a calcular a continuación:

3.1.1.1. Capacidad del transformador principal

En la tabla IX se muestran las potencias por tablero de distribución eléctrica, según diseño eléctrico elaborado.

Tabla IX. **Potencia aparente máxima instalada y demandada para transformador principal**

TABLERO	POTENCIA (VA) INSTALADA	FACTOR DE UTILIZACIÓN	POTENCIA (VA) DEMANDADA
1.TIF1 Incluye subtablero (2. T-PAN)	45 842,66	0.88	40 512,66
3. TIF2	13 125,5	0.63	8 302,45
4. TIF3-S	8 237,41	0.77	6 315,135
5. TI4	4 949,6	1.00	4 949,6
6. TIF5	32 032,6	0.78	24 912,6
7. TIF4-S	8 508,9	0.87	7 428,9
8.TSG3-CP 9.TSG2-G 10. TSG2-C	25 586,5	0.76	19 522,875
11. TSG4	4 074,6	0.62	2 523,4
TOTAL = 12. TP (tablero principal)	142 357,77		114 467,62

Fuente: elaboración propia.

Dado el siguiente dato de potencia aparente máxima demandada el cual es de: 114 467,62 VA, se le aplica un 25 % más por posibles aumentos de carga o futuras cargas a conectar, se define un transformador trifásico *Pad-Mounted* con una potencia de suministro de:

$$S = 114\,467,62 * 1,25 = 143\,084,525 \cong 150\text{kVA}$$

150 kVA

3.1.1.2. Capacidad del transformador secundario para sistema de audio, video y luces

En la tabla X se muestran las potencias por tablero de distribución eléctrica, según diseño eléctrico elaborado.

Tabla X. **Potencia aparente máxima instalada y demandada para transformador secundario**

Tablero	Potencia (va) instalada	Factor de utilización	Potencia (va) demandada
1. T- LE	16666,67	1,00	16666,67
2. T - Audio	16666,67	1,00	16666,67
3. T - Video	16666,67	1,00	16666,67
TOTAL = 4. TP-2 (tablero principal)	50000,01	1,00	50000,01

Fuente: elaboración propia.

Dado el siguiente dato de potencia aparente máxima demandada el cual es de: 50000,01 VA, se le aplica un 25 % más por posibles aumentos de carga o futuras cargas a conectar, se define un transformador trifásico *Pad-Mounted* con una potencia de suministro de:

$$S = 50,000.01 * 1,25 = 62\ 500,0125 \cong 75\text{kVA}$$

75 kVA

Se selecciona de 75kVA ya que comercialmente se tienen transformadores de esta capacidad y no de 62,5 kVA.

3.1.2. Selección de voltaje en primario y secundario

Dado que el sistema diseñado es el de un sistema trifásico, configuración o conexión delta – estrella aterrizada, se pueden especificar los siguientes voltajes de suministro

- Voltaje en primario: voltaje en media tensión:

$$V = 13,2 \text{ kV}$$

Se utilizará este voltaje ya que es el establecido y suministrado en la red eléctrica que se conectará al primario del transformador de potencia de las instalaciones del santuario.

- Voltaje en secundario: voltaje de baja tensión:

$$V_{L-N} = 120V$$

$$V_{L-L} = 208V$$

Se utilizará este voltaje en el secundario del transformador de potencia debido a que se tienen en su mayoría cargas 120V y la conexión estrella aterrizada en el secundario es la indicada para manejar este tipo de voltajes.

3.1.3. Cálculo de capacidad de planta de emergencia

La capacidad de la planta de emergencia se deduce según la potencia aparente máxima demandada (S) calculada en el inciso 3.1.3, dado esto se selecciona una planta que tiene las siguientes especificaciones:

- Capacidad: 150kVA
- Trifásica
- Voltaje: 120/208 V
- Flipon principal de 3X500A
- Con conductores:
 - 2 hilos Núm. 4/0 por fase
 - 2 hilos Núm. 4/0 para neutro
 - 1 hilo Núm. 2 para tierra
- Tubería PVC y LT de 4"
- Con una transferencia automática 3F/500A/120/208V

3.2. Cálculo para selección de calibre de acometida principal y alimentación de tableros

En la tabla XI se muestran los calibres de conductores necesarios para un buen y óptimo funcionamiento, cuando se encuentren energizados los tableros eléctricos.

Tabla XI. Selección de calibre de conductores para tableros

Alimentación a tablero	Corriente (a)	Conexión	Distancia (m)	Conductor seleccionado
1. TIF1	132	Trifásico	94	Núm. 2/0 THHN P/F, P/N (195A) Núm. 4 THHN P/T
2. TIF2	37	Trifásico	170	Núm. 2 THHN P/F, P/N (130A) Núm. 6 THHN P/T
3. TIF3-S	23,5	Trifásico	168	Núm. 4 THHN P/F, P/N (95A) Núm. 8 THHN P/T
4. TIF5	99,8	Trifásico	150	Núm. 3/0 THHN P/F, P/N (225A) Núm. 4 THHN P/T

Continuación de la tabla XI.

5. TIF4-S	24,61	Trifásico	166	Núm. 4 THHN P/F, P/N (95A) Núm. 8 THHN P/T
6. TSG4	18,8	Monofásico	130	Núm. 6 THHN P/F, P/N (75A) Núm. 8 THHN P/T
7. TSG3-CP	56	Trifásico	56	No. 4 THHN P/F, P/N (95A) Núm. 8 THHN P/T
8. TSG2-C *por corriente	16	Monofásico	13	Núm.10 THHN P/F, P/N, P/T (30A)
9. TI4 *por corriente	17,5	Trifásico	15	Núm. 10 THHN P/F, P/N, P/T (30A)
10. TSG2-G *por corriente	16	Monofásico	13	Núm. 10 THHN P/F, P/N, P/T (30A)
11. T-PAN *por corriente	9,752	Trifásico	10	Núm. 10 THHN P/F, P/N, P/T (30A)
12. Tablero principal TP	416	Trifásico	80	2 HILOS Núm.3/0 THHN P/F, P/N (2*225A = 450A) 1 HILO Núm. 2 THHN P/T
13. Tablero principal TP-2 *por corriente	138,78	Trifásico	15	Núm.1/0 (170A) THHN P/F, P/N y Núm. 6 THHN P/T
14. Tablero T-LE *por corriente	46,26	Trifásico	16	Núm. 6 (75A) THHN P/F, P/N y No. 8 THHN P/T
15. Tablero T - Audio *por corriente	46,26	Trifásico	18	Núm. 6 (75A) THHN P/F, P/N y Núm. 8 THHN P/T
16. Tablero T - Video *por corriente	46,26	Trifásico	19	Núm. 6 (75A) THHN P/F, P/N y Núm. 8 THHN P/T

Fuente: elaboración propia.

Para el tablero principal TP se seleccionaron dos conductores 3/0 por fase en lugar de un conductor 350MCM por fase, para minimizar el efecto piel en el conductor y debido a un factor económico y a un factor manejable de los conductores a la hora de la instalación eléctrica.

Donde

- P/F = por fase, P/T = por conductor de puesta a tierra
- P/N = para neutro 100 %, con armónicas triples neutralizadas para evitar un posible calentamiento en el conductor.

Para la selección de calibre de conductores para el suministro de energía eléctrica a las diferentes cargas del santuario, se efectuaron dos métodos importantes, según el método de intensidad de corriente y según el método de caída de tensión si la distancia excedía los 20m, a continuación se detallan las especificaciones, fórmulas y tablas que se utilizaron en cada método.

3.2.1. Cálculo de conductores por intensidad de corriente (amperaje)^o

Para la selección de conductores para fases y neutro según el método de corriente, se utilizarán los datos de la tabla II ubicada en el inciso 2.3.3.1 y para selección de conductores para tierra se utilizarán los datos de la tabla IV ubicada en el inciso 2.3.3.3.

3.2.2. Cálculo de conductores por caída de tensión

Para la selección de conductores para fases y neutro según el método por caída de tensión, se utilizará la fórmula ubicada en el inciso 2.3.3.2 y la tabla II

para la selección según área transversal de cada conductor y para selección de conductores para tierra, se utilizaran los datos de la tabla V ubicada en el inciso 2.3.3.3, tal como se muestra en el siguiente ejemplo:

- Alimentación a tablero TSG3-CP
 - Corriente: 56 A
 - Distancia: 56 m
 - Trifásico

Aplicando la fórmula correspondiente:

$$s = \frac{\sqrt{3} * 56 * 56}{57 * 0,03 * 208} = 15,27 \text{ mm}^2$$

Dado los siguientes datos se selecciona:

Conductor Núm. 4 THHN P/F, P/N

95 A

Conductor Núm. 8 THHN P/T

3.3. Cálculo para selección de tableros eléctricos

Para la selección del tablero principal y los tableros de distribución eléctrica en el Santuario, se tomaron en cuenta características importantes tales como:

- Número de circuitos en el tablero (de este depende el número de polos)

- Cantidad de corriente que circula en el tablero (para flipon principal y amperaje en barras del tablero)
- Voltaje de suministro
- Número de fases a conectar (de este depende si es trifásico (3) o monofásico (2))

Tomando en cuenta todas estas características y según las cargas que se conectarán y cuya corriente en cada fase esta desglosada en el inciso 3.1.1, se definió el tablero eléctrico indicado para el suministro óptimo de la energía eléctrica, manteniendo una seguridad en operación a plena carga y asegurando un funcionamiento total sin calentamientos ni fallas durante el consumo diario. Utilizando estos criterios se desglosa a continuación la selección de los distintos tableros:

Tabla XII. Selección de tableros eléctricos

ALIMENTACIÓN A TABLERO	VOLTAJE	CORRIENTE (A)	FASES A CONECTAR	NUMERO DE CIRCUITOS	TABLERO SELECCIONADO
1. TIF1	120/208	132	3	39	Tablero tipo centro de carga trifásico (3 ϕ), 120/208V 42 polos, barras de 225A
2. TIF2	120/208	37	3	13	Tablero tipo centro de carga trifásico (3 ϕ), 120/208V 18 polos, barras de 100A
3. TIF3-S	120/208	23.5	3	10	Tablero tipo centro de carga trifásico (3 ϕ), 120/208V 18 polos, barras de 100A
4. TIF5	120/208	99.8	3	22	Tablero tipo centro de carga trifásico (3 ϕ), 120/208V 30 polos, barras de 200A
5. TIF4-S	120/208	24.61	3	7	Tablero tipo centro de carga trifásico (3 ϕ), 120/208V 12 polos, barras de 125A
6. TSG4	120/208	18.8	2	4	Tablero tipo centro de carga monofásico (3 ϕ), 120/208V 8 polos, barras de 125A
7. TI4	120/208	17.5	3	6	Tablero tipo centro de carga trifásico (3 ϕ), 120/208V 12 polos, barras de 125A
8. T-PAN	120/208	9.752	3	3	Tablero tipo centro de carga trifásico (3 ϕ), 120/208V 12 polos, barras de 125A
9. TSG3-CP	120/208	56	3	Reservados	Tablero tipo centro de carga trifásico (3 ϕ), 120/208V 18 polos, barras de 100A
10. TSG2-G	120/208	16	2	Reservados	Tablero tipo centro de carga monofásico (3 ϕ), 120/208V 8 polos, barras de 125A
11. TSG2-C	120/208	16	2	Reservados	Tablero tipo centro de carga monofásico (3 ϕ), 120/208V 8 polos, barras de 125A
12. TABLERO PRINCIPAL TP	120/208	416	3	30	Tablero tipo industrial trifásico (3 ϕ), 120/208V 42 polos, barras de 600A, con capacidad de lcc de 9.4kA
13. TABLERO PRINCIPAL TP-2	120/208	138.78	3	9	Tablero tipo centro de carga trifásico (3 ϕ), 120/208V 30 polos, barras de 200A
14. TABLERO T-LE	120/208	46.26	3	Reservados	Tablero tipo centro de carga trifásico (3 ϕ), 120/208V 12 polos, barras de 125A
15. TABLERO T - Audio	120/208	46.26	3	Reservados	Tablero tipo centro de carga trifásico (3 ϕ), 120/208V 12 polos, barras de 125A
16. TABLERO T - Video	120/208	46.26	3	Reservados	Tablero tipo centro de carga trifásico (3 ϕ), 120/208V 12 polos, barras de 125A

Fuente: elaboración propia.

En la selección del tablero principal se tiene un tablero industrial esto debido a que los tableros tipo centro de carga solamente tienen una capacidad de amperaje en sus barras de 225A y en el caso del tablero principal se maneja un amperaje de más de 400A, es por esta razón que se selecciona un tablero industrial el cual ya maneja amperajes de este nivel.

3.3.1. Selección de interruptores principales en cada tablero

Para la selección del interruptor principal para cada tablero eléctrico, se toma en cuenta la característica fundamental de la corriente que circula en cada fase que alimentará a cada tablero, ya que la función del interruptor es la de proteger al tablero y a su vez a las cargas que este tiene conectadas. A continuación se desglosan las características y su selección de protección para cada tablero:

Tabla XIII. **Interruptores principales para tableros**

Alimentación a tablero	Voltaje	Corriente fase a	Corriente fase b	Corriente fase c	Interruptor principal seleccionado
TIF1	120/208	132,123	129,481	130,763	3 X 175 A
TIF2	120/208	36,318	36,051	37,01	3 X 50 A
TIF3-S	120/208	22,201	23,536	22,909	3 X 30 A
TIF5	120/208	98,133	99,836	97,554	3 X 125 A
TIF4-S	120/208	24,611	23,148	23,148	3 X 30 A
TSG4	120/208	15,186	18,77	0	2 X 30 A
TI4	120/208	16,025	14,083	17,482	3 X 30 A
T-PAN	120/208	9,752	5,837	9,706	3 X 20 A
TSG2-G	120/208	10	10	0	2 X 20 A
TSG2-C	120/208	16	16	0	2 X 30 A
TSG3-CP	120/208	56	56	56	3 X 70 A
Tablero principal TP	120/208	414,181	408,135	416,052	3 X 500 A
Tablero principal TP-2	120/208	138,78	138,78	138,78	3 X 175 A
Tablero T-LE	120/208	46,26	46,26	46,26	3 X 60 A
Tablero T - Audio	120/208	46,26	46,26	46,26	3 X 60 A
Tablero T - Video	120/208	46,26	46,26	46,26	3 X 60 A

Fuente: elaboración propia.

3.4. Cálculo lumínico

Para el cálculo lumínico de todas las áreas del santuario, se debe tener en cuenta características muy importantes para la selección de la luminaria y conocer el número exacto que se necesitan para obtener una iluminación óptima, sin espacios oscuros. Las características que se tomaron en cuenta son las siguientes:

- Conocer las necesidades de iluminación del lugar
- Fijar un nivel de iluminación apropiado
- Seleccionar un tipo de lámpara que cumpla con los requisitos definidos
- Tener datos exactos de cada lugar que se desea iluminar

Tomando en cuenta las características mencionadas se procede a realizar los cálculos para conocer los datos necesarios para una iluminación óptima, los cuales se muestran a continuación.

3.4.1. Cálculo de número de luminarias área por área según método de cavidad zonal

Para el cálculo lumínico de cada área del santuario, se utilizarán las fórmulas ubicadas en el inciso 2.5.2.1, para la selección del factor de mantenimiento se hace referencia la tabla VIII, para el cálculo del índice del local (k) se hace referencia a la figura 17 y para la selección del coeficiente de utilización se utilizarán los datos ubicados en la tabla A-2 en anexos, según el índice del local calculado.

- Área de iluminación entre domo y entrada principal
 - Cuyas características son:
 - Largo: 105,6m, ancho: 20 m

- Área: 2112 m²
- Nivel de iluminación: 300 luxes
 - ✓ Tipo de lámpara: Led, 48W de 4', marca *lumenpulse*, línea *lumenline pendant direct*
- Flujo luminoso de la lámpara: 3 727 lúmenes
- Altura de montaje (en techo): 6,85 m
- Altura del local (h)= 6 m
 - ✓ Altura del plano de trabajo: 0,85m
 - ✓ $h : (6,85 - 0,85) = 6 \text{ m}$
- Cu : 0.62
 - ✓ En donde el índice del local (k) es:

$$k = \frac{5 * (20 + 105,6) * 6}{2 112} = 1,78$$
- Fm : 0,78

Aplicando la fórmula correspondiente con los datos indicados, se obtiene el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{300 \cdot 2112}{1 \cdot 3 727 \cdot 0,78 \cdot 0,62} = 351,54 \cong 352 \text{ luminarias}$$

En la tabla XIV se muestran los resultados para las demás áreas en el santuario, las cuales fueron calculadas como en el área anterior:

Tabla XIV. Cálculo de luminarias en áreas del santuario

ÁREA A ILUMINAR (M ²)	LARGO (M)	ANCHO (M)	NIVEL DE ILUMINACIÓN (LUXES)	FLUJO LUMINOSO DE LA LÁMPARA (LÚMENES)	ALTURA DE MONTAJE	ALTURA LOCAL	ÍNDICE LOCAL	COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN (Cu)	FACTOR DE MANTENIMIENTO	NUMERO DE LUMINARIAS
Área del domo principal (1963.50 m ²)	50	39,27	300	23 650	10	10	2,27	0,66	0,8	48
Área corredores en extremos, entrada principal (60 m ²)	12	5	180	2 490	2,5	2,5	3,54	0,7316	0,8	8
Área central (parte mas alta), entrada principal (49 m ²)	10	4,9	200	3 727	9	8,15	13,68	1,62	0,8	2
Área a un costado de corredores extremos, entrada principal (87 m ²)	18,67	4,66	200	3 727	4	3,15	4,22	0,7544	0,8	8
Área de veneración de la Virgen (13.05 m ²)	6,93	1,88	1 000	1 843	6,85	6	20,26	2,26	0,8	4
Área del coro y bautisterio (73.86 m ²)	26,76	2,76	500	3 727	6,85	6	11,99	1,45	0,8	9
Área exterior de la Virgen (19.88 m ²)	10,97	1,81	200	1 863	6,85	6	19,29	2,166	0,8	2
Área del pulpito central (40.16 m ²)	12,17	3,3	1 000	3 727	6,65	5.8	11,17	1,37	0,8	10
Área de confesionarios (58.76 m ²)	8,68	6,77	150	3 727	4,85	4	5,26	0,8	0,8	4
Área de rampa lado derecho (70 m ²)	35	2	180	700	4,75	3.9	10,31	1,29	0,8	18
Área de la capilla (132.82 m ²)	13,05	10,18	300	3 400	5	4.15	3,69	0,47	0,8	32
Área de mercado en sótano (133 m ²)	13	10	500	3 727	3,5	2,65	2,3	0,67	0,78	35
Área de pasillo en sótano (72.20 m ²)	26,94	2,68	150	3 400	3,15	2,3	4,72	0,414	0,8	10

Fuente: elaboración propia.

La distribución de las lámparas en cada área se muestra en los planos de iluminación ubicados en el capítulo 4, inciso 4.1.

3.5. Selección de pararrayos

El pararrayos no es más que un dispositivo que colocado en lo alto de un edificio, dirigen al rayo a través de un cable hasta la tierra para que no cause desperfectos. Ya hemos comentado que normalmente las nubes de tormenta tienen su base cargada negativamente, mientras que la región de tierra que se encuentra debajo de ellas, por efecto de inducción electroestática presenta carga positiva. Las cargas negativas de la nube se repelen entre sí y son atraídas por las cargas positivas de la tierra.

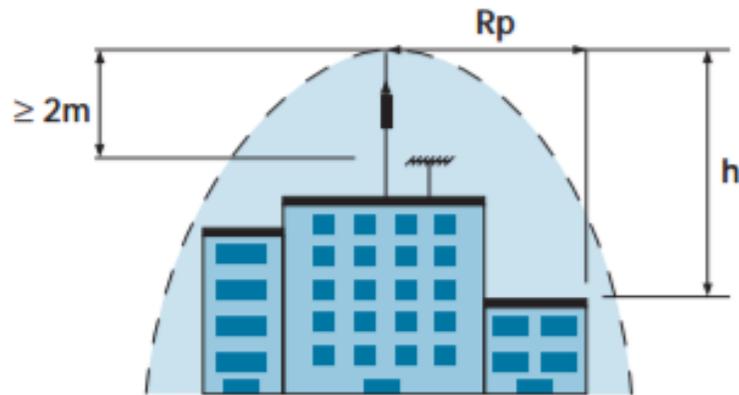
Puesto que el pararrayos está conectado a tierra sus electrones son repelidos por los de la nube con lo que queda cargado positivamente al igual que la tierra bajo la nube.

Para la protección de las cargas y de todo el sistema eléctrico de las instalaciones del santuario, se decidió colocar dos pararrayos, distribuidos de tal forma que su radio de protección abarca todo el santuario como se muestra en la figura 42 ubicada en el capítulo 4, inciso 4.7.

Los pararrayos escogidos son tipo pulsar. A continuación se desglosan las razones de la selección del pararrayos pulsar y sus características:

La ventaja del pararrayo pulsar de alta tensión por impulsos reside en su particular dispositivo de cebado, que funciona mucho antes de que se forme de modo natural un trazador ascendente. El pararrayo pulsar genera un trazador que se propaga rápidamente para captar el rayo y dirigirlo hacia tierra.

Figura 20. **Protección del pararrayos pulsar**



Fuente: <http://www.tecnorayos.com/pdf/Folleto%20Pulsar%20.pdf>. Consulta: septiembre de 2016.

En la figura 20 se muestra que R_p es el radio de protección en un plano horizontal situado a una distancia vertical h de la punta del pulsar, la altura h es medida desde la parte más alta de la estructura o superficie más baja a proteger la hacia la punta del pulsar, esto debido a que la incidencia de descarga electro atmosférica puede suceder en cualquier punto del área que se desea proteger.

Tabla XV. Radios de protección de pararrayos pulsar

Radios de protección de los Pulsar									
Nivel de protección	I (D = 20 m)			II (D = 45 m)			III (D = 60 m)		
Pulsar	Pulsar 30	Pulsar 45	Pulsar 60	Pulsar 30	Pulsar 45	Pulsar 60	Pulsar 30	Pulsar 45	Pulsar 60
h(m)	Radios de protección RP (m)								
2	19	25	32	25	32	40	28	36	44
3	28	38	48	38	48	59	42	57	65
4	38	51	64	50	65	78	57	72	87
5	48	63	79	63	81	97	71	89	107
6	48	63	79	64	81	97	72	90	107
8	49	64	79	65	82	98	73	91	108
10	49	64	79	66	83	99	75	92	109
15	50	65	80	69	85	101	78	95	111
20	50	65	80	71	86	102	81	97	113
45	50	65	80	75	90	105	89	104	119
60	50	65	80	75	90	105	90	105	120

Fuente: <http://www.tecnorayos.com/pdf/Folleto%20Pulsar%20.pdf>. Consulta: septiembre de 2016.

La tabla XI muestra el tipo de nivel de protección, radio de protección, altura, y los diferentes tipos de pararrayos pulsar a utilizar.

Para el caso de las instalaciones del santuario, basándose en el diseño eléctrico elaborado, se seleccionaron los siguientes pararrayos:

- Pararrayos pulsar 60 (para el área del domo principal y alrededores)
 - Cuyas características son:
 - Peso: 5,7 Kg

- Altura: 2,06 m
 - Tiempo de descarga: 60 microsegundos
- Pararrayos pulsar 30 (para el área de parqueo y cuarto eléctrico principal)
 - Cuyas características son:
 - Peso: 5 Kg
 - Altura: 2, m
 - Tiempo de descarga: 30 microsegundos

Las especificaciones e instrucciones para la instalación están claramente explicadas en la figura 42 ubicada en el capítulo 4, inciso 4.7., la cual representa el plano eléctrico elaborado.

3.5.1. Instalación del pararrayos

La instalación del pararrayos debe cumplir con la Norma UNE 21-186 que regula su instalación y mantenimiento, el cual especifica que el pararrayos debe estar al menos dos metros por encima de cualquier otro elemento dentro de su radio de protección.

Se instalará el conductor de bajada de forma que su recorrido sea lo más directo posible y evitando cualquier acodamiento brusco.

Los conductores deben estar protegidos mediante un tubo hasta dos metros de altura del nivel del suelo.

Los componentes del pararrayos de acuerdo a la Norma NFC 17-102, tiene un cabezal captador, mástil, cable conductor de bajada, tubo de protección del cable de bajada y electrodo de toma de tierra.

3.5.2. Mantenimiento del pararrayos

El mantenimiento de estos pararrayos debe de ser periódicamente para que garantice su buen funcionamiento, ya que debido a la corrosión, inclemencias atmosféricas, aves o impactos del rayo, pueden perder su efectividad.

La Norma UNE 21-186 indica que el mantenimiento debe ser anual y debe incluir la revisión del cabezal del pararrayos, comprobación del amarre y posible oxidación del mástil, comprobar el amarre, conectores y tubo de protección del cable conductor del pararrayos, en la toma de tierra se debe comprobar el amarre, conectores y medida de resistencia de la misma, donde no debe sobrepasar los 10 ohmios, verificar el contador de rayos en caso de existir en la instalación, comprobar que ningún elemento nuevo ha variado las condiciones originales del estudio del pararrayos y el protector contra sobretensiones que protege la instalación eléctrica del edificio.

3.6. Cálculo para selección de paneles solares

Se procedió a realizar el diseño de paneles solares para las instalaciones del Santuario, en el área de los corredores de la entrada principal, los cuales suministrarán energía eléctrica fotovoltaica a cargas seleccionadas para así poder reducir el consumo de energía eléctrica de la red y conocer y observar el funcionamiento de los mismos, para una futura ampliación de este sistema de energía a mas áreas de las instalaciones.

3.6.1. Estimación de consumo de potencia y cálculo de número de paneles solares necesarios

Para la estimación de consumo de potencia activa se seleccionaron las siguientes cargas:

- Área 1: Iluminación led 120V, S.G., cuartos, lámparas de pared, decoración en corredor y cuadros, contiene 30 unidades.
 - Cuyas características son:
 - Corriente: 9,752 A
 - Potencia aparente: 1170.2 VA
 - Potencia real: $1170,2 * F_p = 1170,2 * 0,9 = 1053,18 W$

- Área 2: Iluminación led 120V, S.G., cuartos, lámparas de pared, decoración en corredor y cuadros, contiene 44 unidades.
 - Cuyas características son:
 - Corriente: 5,837 A
 - Potencia aparente: 700,4 VA
 - Potencia real: $1170,2 * F_p = 700,4 * 0,9 = 630,36 W$

- Área 3: Iluminación led 120V, S.G., cuartos, lámparas de pared, decoración en corredor y baños, contiene 29 unidades.
 - Cuyas características son:
 - Corriente: 9.706 A
 - Potencia aparente: 1164,7 VA
 - Potencia real: $1170,2 * F_p = 1164,7 * 0,9 = 1048,23 W$

Las cargas descritas se establecieron en circuitos diferentes y se colocaron en un tablero de distribución, el cual se describe en la figura 24, cuyo nombre es T-PAN.

Teniendo la potencia para cada circuito y que se seleccionaron paneles solares de 260W de suministro, se procede a calcular el número de paneles solares por área necesarios:

- Área 1

$$N_{\text{paneles}} = \frac{P_{\text{consumo}}}{P_{\text{panel}}} = \frac{1053,18W}{260W} = 4,05 \cong 5 \text{ paneles solares}$$

- Área 2

$$N_{\text{paneles}} = \frac{P_{\text{consumo}}}{P_{\text{panel}}} = \frac{630,36W}{260W} = 2,42 \cong 3 \text{ paneles solares}$$

- Área 3

$$N_{\text{paneles}} = \frac{P_{\text{consumo}}}{P_{\text{panel}}} = \frac{1048,23W}{260W} = 4,03 \cong 5 \text{ paneles solares}$$

A continuación se desglosan las características de los paneles fotovoltaicos seleccionados:

- Panel solar 260W policristalino atersa ultra
 - Cuyas características técnicas son:
 - Potencia: 260W
 - Tensión punto de máxima potencia: 37,98V

- Corriente punto de máxima potencia: 8,95A
- Dimensiones: 1645x990x40mm
- Peso: 21,5 kg

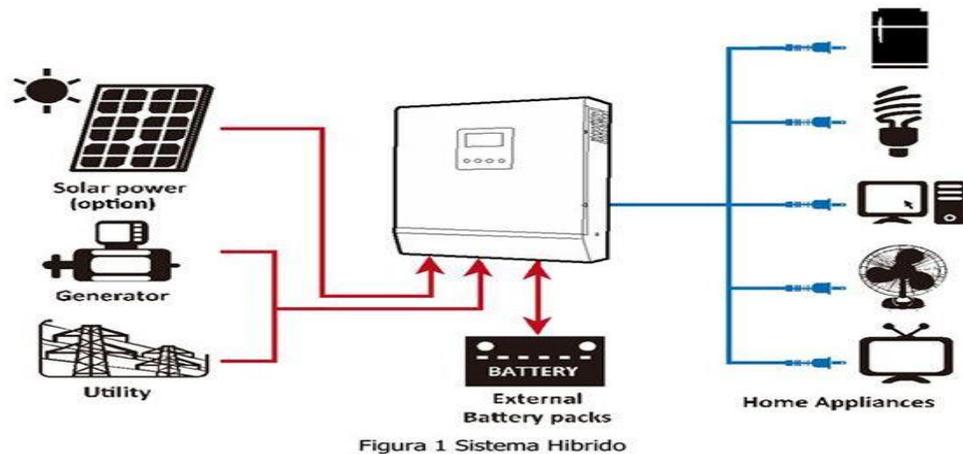
Ya que se tendrán tres áreas se procederá a colocar un inversor DC/AC por cada una de estas, siendo 3 en total, a continuación se desglosan las características del inversor seleccionado:

- Inversor DC/AC 3000VA máximo atersa quadro
 - Corriente máxima admitida: 50A
 - Voltaje máximo admitido: 60VDC
 - Voltaje de salida máximo: 230V

El inversor está compuesto por:

- Inversor de onda pura
- Cargador de baterías
- Regulador de carga
- Posee un sistema hibrido

Figura 21. Sistema híbrido del inversor



Fuente: https://autosolar.es/inversores/inversores-cargadores/inversores-cargadores-24v/inversor-cargador-3000va-24v-atersa-quadro_precio. Consulta: diciembre de 2016.

3.6.2. Cálculo de calibre del conductor

Para la selección del calibre del conductor se tomarán en cuenta la corriente total por área.

- Área 1 (5 paneles)
 - Corriente total: $5 * 8,95 = 44,75A * 1,25 = 56A$
 - Voltaje: 37,98V
 - Distancia: 19m
 - Conexión en paralelo
- Área 2 (3 paneles)
 - Corriente total: $3 * 8,95 = 26,85A * 1,25 = 33,6A$
 - Voltaje: 37,98V

- Distancia: 19m
- Conexión en paralelo
- Área 3 (5 paneles)
 - Corriente total: $5 * 8,95 = 44,75A * 1,25 = 56A$
 - Voltaje: 37,98V
 - Distancia: 19m
 - Conexión en paralelo

Dado los siguientes datos se selecciona:

Área 1: 2 hilos Núm. 6 THHN

Área 2: 2 hilos Núm 8 THHN

Área 3: 2 hilos Núm. 6 THHN

3.6.3. Ángulo de inclinación de paneles solares

Para el cálculo de la inclinación de los paneles solares que se instalarán en el santuario se tendrán en cuenta conceptos importantes los cuales se explicarán a continuación.

Para que este sistema funcione a su máxima potencia, antes de su ángulo de inclinación, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos: la parte del día (amanecer, mediodía y noche), las diferentes estaciones del año (primavera, verano, otoño e invierno), la región donde se instalarán los paneles solares (altitud, longitud y latitud) y la orientación relativa del dispositivo solar.

Existe una variante entre los hemisferios norte y sur de la tierra al instalar un panel solar, esto debido al primer aspecto mencionado en el párrafo anterior: la rotación de la tierra que marca la hora del día en cada parte del mundo.

Por esta razón se recomienda que los módulos solares del hemisferio norte, que comprende a Norteamérica, Centroamérica, el Ártico, parte de África y Asia, estén dirigidos hacia el sur. Mientras que en las regiones de Sudamérica, el sur de África, Australia y Oceanía que son parte del hemisferio sur, se recomienda que los paneles solares se encuentren dirigidos al norte.

Sabiendo entonces que El Progreso, Jutiapa de Guatemala, como parte de Centroamérica pertenece al hemisferio norte, por ende se decide colocar los paneles solares dirigidos hacia el sur.

Ya previstos los puntos anteriores es necesario instalar o establecer el ángulo de inclinación del módulo solar. El grado de inclinación es igual al grado de latitud en donde se encuentra.

Para determinar la inclinación óptima de una superficie fija se usa una fórmula basada en análisis estadísticos de radiación solar anual sobre superficies con diferentes inclinaciones situadas en lugares de diferentes latitudes, que proporciona la inclinación óptima en función de la latitud del lugar:

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 \cdot |\varphi|$$

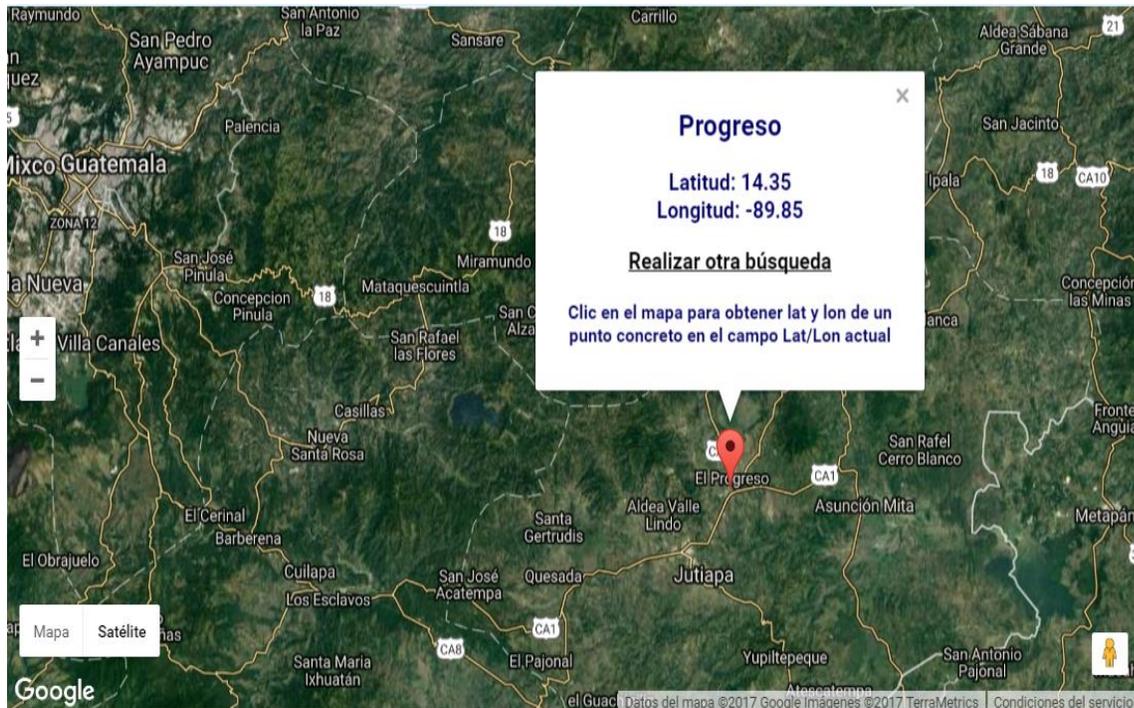
Donde

β_{opt} = ángulo de inclinación óptima (grados)

$|\varphi|$ = latitud, sin signo (grados)

En la figura 22 se muestra la latitud y longitud de la ubicación del santuario, cuya ubicación es en El Progreso, Jutiapa:

Figura 22. Latitud y longitud del El Progreso, Jutiapa



Fuente: <http://mapasamerica.dices.net/guatemala/mapa.php?nombre=Progreso&id=7407>.

Consulta: diciembre de 2016.

Conociendo los datos anteriores se procede a calcular el ángulo de inclinación de los paneles solares:

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 \cdot |14,35| = 13,6015^{\circ}$$

Como conclusión se tiene que:

- Los paneles se colocaran hacia el sur

- Con un ángulo de inclinación de $13,60^\circ \cong 15^\circ$
- La conexión de los paneles solares será en paralelo, para mantener un mismo voltaje en cada uno de ellos.

3.7. Cálculo para sistema de puesta a tierra

Un sistema de puesta a tierra es un conjunto de electrodos y conductores eléctricos, directamente enterrados en el suelo y distribuidos a través de una instalación, diseñados adecuadamente para: soportar corrientes de cortocircuito, descargas electro atmosféricas, cumplir con disposiciones técnicas y de seguridad, y así reducir campos eléctricos (gradientes de potencial), reducir voltajes inducidos, transferidos o de contacto.

Primeramente se procederá a seleccionar el calibre del conductor de puesta a tierra, el cual se selecciona en base a la tabla IV, la cual nos indica que teniendo un amperaje entre 400 y 500 amperios se debe seleccionar un calibre Núm. 2, teniendo en cuenta la figura 26 el tablero principal distribuye 416A, lo cual nos indique que para este sistema se seleccionará un calibre Núm. 2.

La medición de la resistividad del terreno se realizó con un *Megger* de tierras de 4 terminales, utilizando el método de Wenner, como se muestra en las imágenes ubicadas en los apéndices 1 al 4 del presente trabajo, dando como resultado 30Ω .

Teniendo seleccionado el calibre del conductor a utilizar y conociendo la resistividad del terreno, se procede a realizar el cálculo de resistencia del sistema de puesta a tierra el cual según la Norma IEEE-80 debe ser menor a 5Ω .

- El sistema de puesta a tierra que se utilizará será un malla de 4 varillas con las siguientes características:
 - Área de la malla (A) = 29 m²
 - Profundidad de varillas (S) = 0,5m
 - Resistividad del terreno (ρ) = 30 Ω
 - Longitud de las varillas (L) = 2,44m
 - Radio de las varillas (Rv) = 0,008m
 - Radio del conductor eléctrico (Rc) = 0,003m
 - Suma de longitud de conductor de puesta a tierra (B) = 75m
 - Número de varillas (n) = 4
 - Lado más corto de la malla (L1) = 5,37m
 - Lado más largo de la malla (L2) = 5,37m

Las fórmulas y pasos necesarios para el cálculo, utilizando los datos anteriores son los siguientes:

- Cálculo de constantes de geometría para una profundidad S

$$K1 = -0,05 * \frac{L2}{L1} + 1,2 = 1,15$$

$$K2 = 0,1 * \frac{L2}{L1} + 4,68 = 4,78$$

- Resistencia de los conductores de la malla (R1)

$$R1 = \frac{\rho}{\pi \cdot B} \cdot \left(\ln \left(\frac{2 \cdot B}{\sqrt{2} \cdot Rc \cdot S} \right) + \frac{K1 \cdot B}{\sqrt{A}} - K2 \right) = 2,438\Omega$$

- Resistencia de todas las varillas (R2)

$$R2 = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot n \cdot L} \cdot \left(\ln \left(\frac{4 \cdot L}{Rv} \right) - 1 + \frac{2 \cdot K1 \cdot L}{\sqrt{A}} \cdot (\sqrt{n} - 1)^2 \right) = 4,007\Omega$$

- Resistencia mutua (Rm) entre conductores y varillas

$$Rm = \frac{\rho}{\pi \cdot B} \cdot \left(\ln \left(\frac{2 \cdot B}{L} \right) + \frac{K1 \cdot B}{\sqrt{A}} - K2 + 1 \right) = 2,082\Omega$$

- Resistencia total del sistema de puesta a tierra (Rt)

$$Rt = \frac{R1 \cdot R2 - Rm^2}{R1 + R2 - 2 \cdot Rm} = 2,38\Omega$$

3.8. Cálculo de corriente de cortocircuito en acometida principal

Para realizar el procedimiento del cálculo de la corriente de cortocircuito en el secundario del banco de transformación trifásico, en donde se conecta la acometida principal de la instalación, se procede con las siguientes formulas:

- La corriente nominal en el secundario se determina de la siguiente manera

$$S_{nom} = V_{nom} \cdot I_{nom} \cdot \sqrt{3}$$

Donde

S_{nom} = potencia aparente nominal del transformador (VA)

V_{nom} = voltaje nominal en el secundario del transformador (V)

$$I_{nom} = \frac{150\,000}{\sqrt{3} \cdot 208} = 416A \angle -36,87^\circ$$

- Conociendo la impedancia equivalente del transformador en el secundario la cual tiene un valor de:

$$Z_{cc} = R_{cc} + jX_{cc} = 0.0142 + j0.0182$$

- Se procede a calcular el voltaje de cortocircuito que se tendrá en el secundario

$$\begin{aligned} V_{sec} &= I_{nom} \cdot (R_{cc} + jX_{cc}) + V_2 = (416 \angle -36,87^\circ) \cdot (0,0142 + j0,0182) + 208 \\ &= 217,28 \angle 0,66^\circ \end{aligned}$$

- A continuación se procede a calcular la corriente de corto circuito en base al voltaje y a la impedancia de cortocircuito del transformador que alimenta la acometida principal

$$I_{cc} = \frac{V_{sec}}{Z_{cc}} = \frac{217,28}{\sqrt{(0,0142)^2 + (0,0182)^2}} = 9,5kA$$

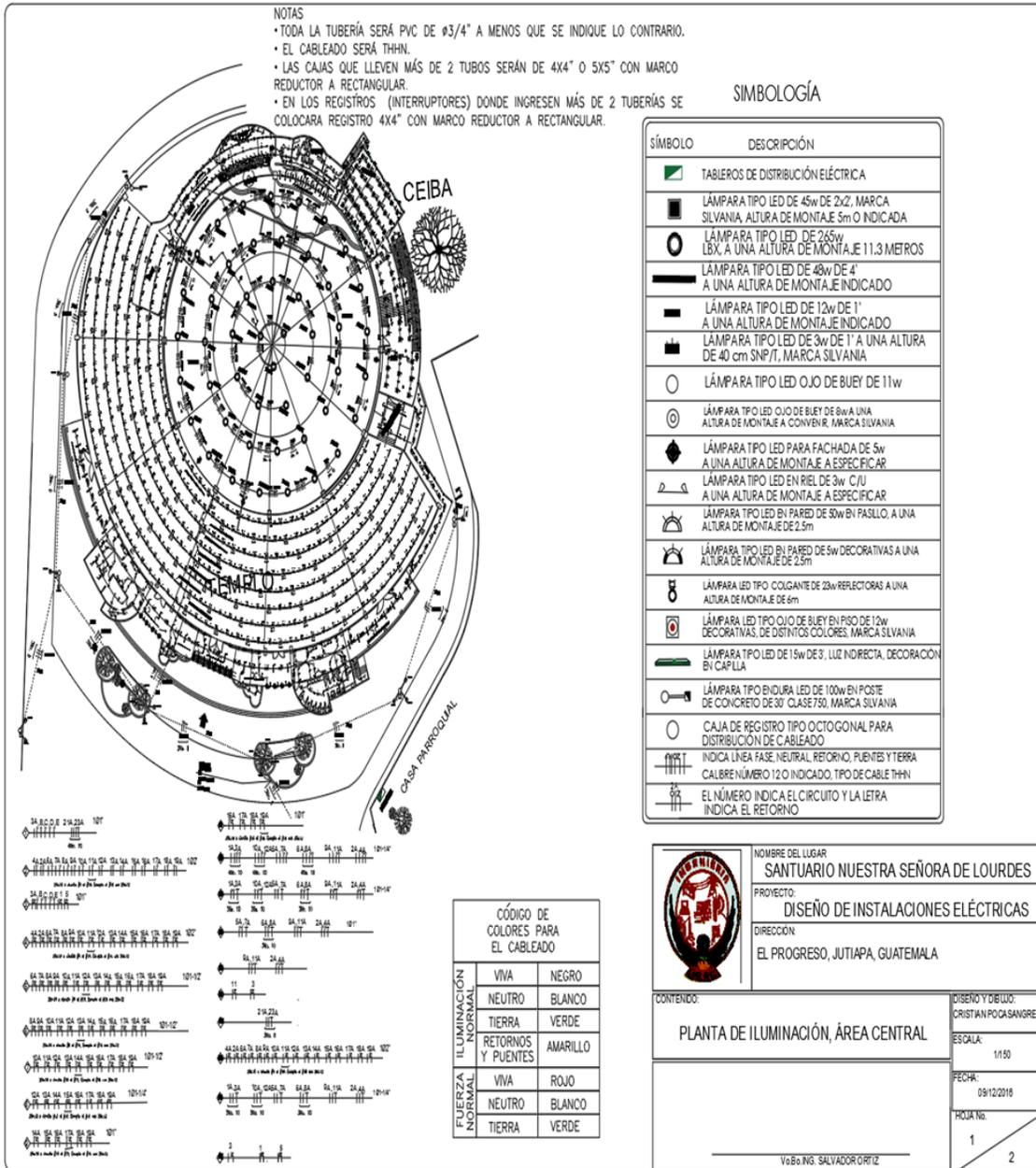
4. PLANOS ELÉCTRICOS Y DIAGRAMAS

4.1. Planos de iluminación

Las soluciones de iluminación óptima están basadas en un diseño con propuestas creativas en el ámbito conceptual, ser eficientes en el energético y confortables para el usuario, en este caso para los ciudadanos de la comunidad del santuario.

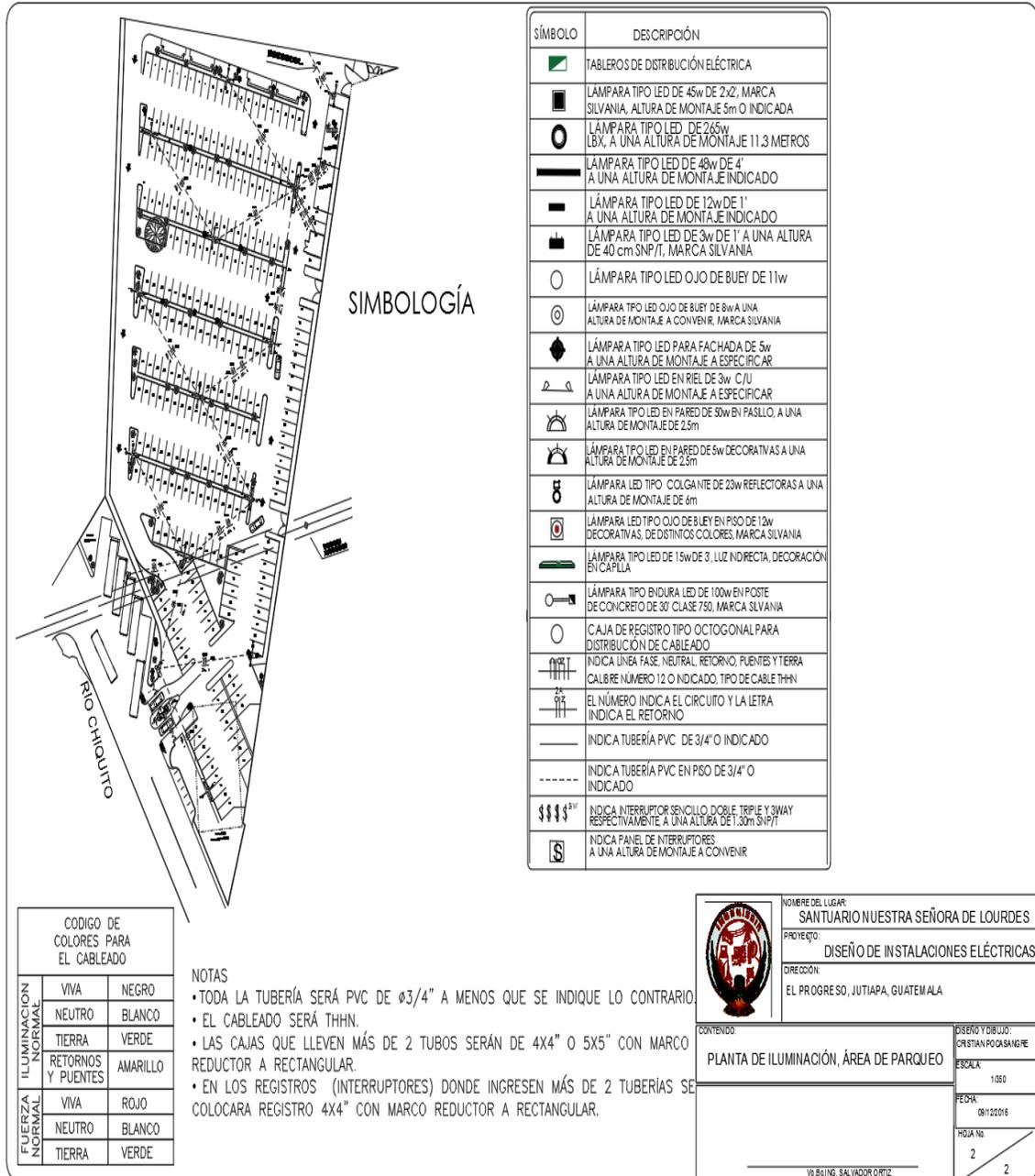
Para la elaboración de los siguientes planos de iluminación, basados en la memoria de cálculo del diseño eléctrico, se utilizaron factores óptimos de niveles lumínicos, cantidad de luxes necesarios y características importantes para garantizar una visión clara, sin lugares oscuros, definiendo luminarias que cumplen con los niveles necesarios, asegurando un funcionamiento de calidad.

Figura 23. Plano de iluminación, área central



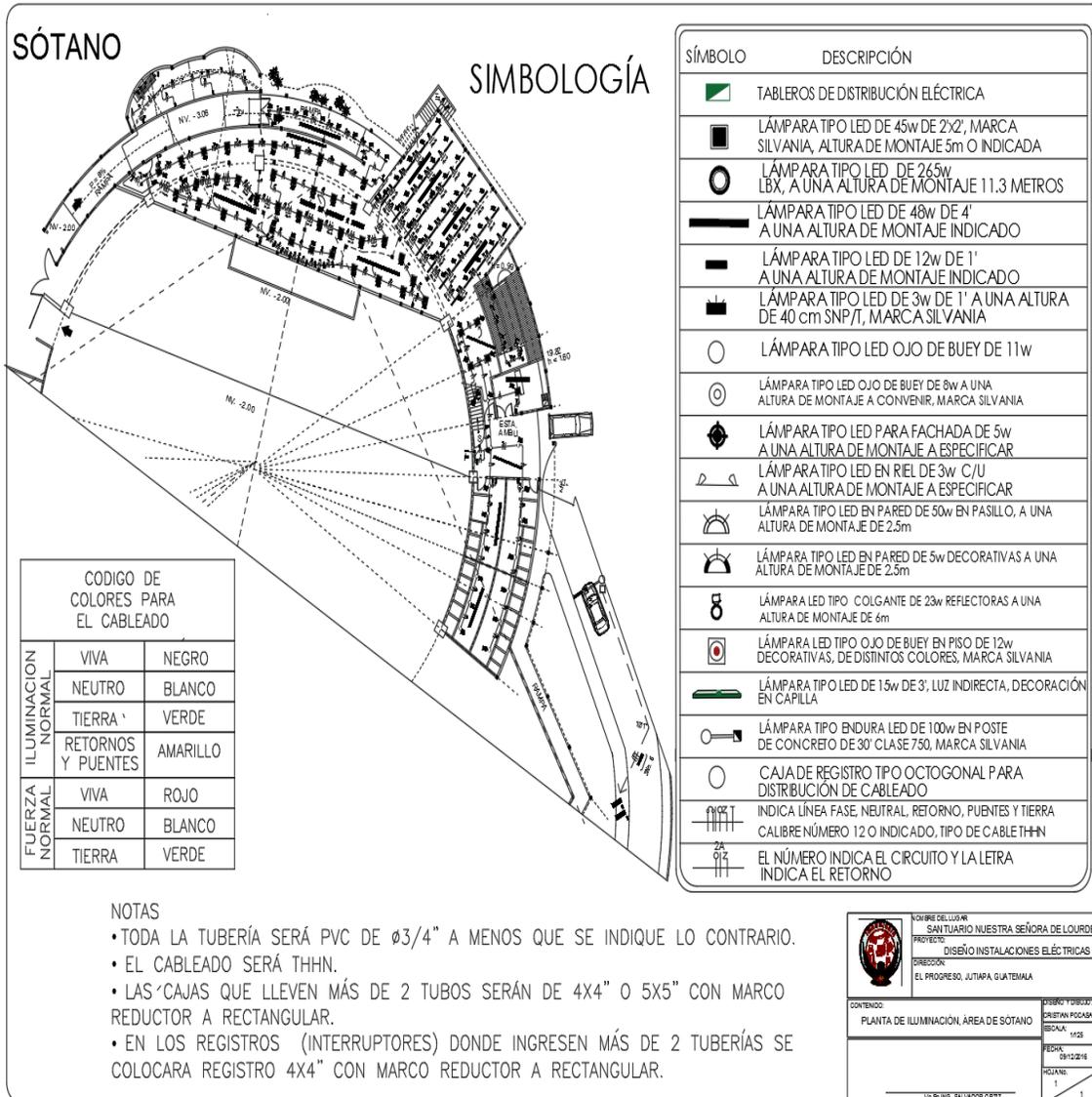
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Figura 24. Plano de iluminación, área de parqueo



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Figura 25. Plano de iluminación, área de sótano

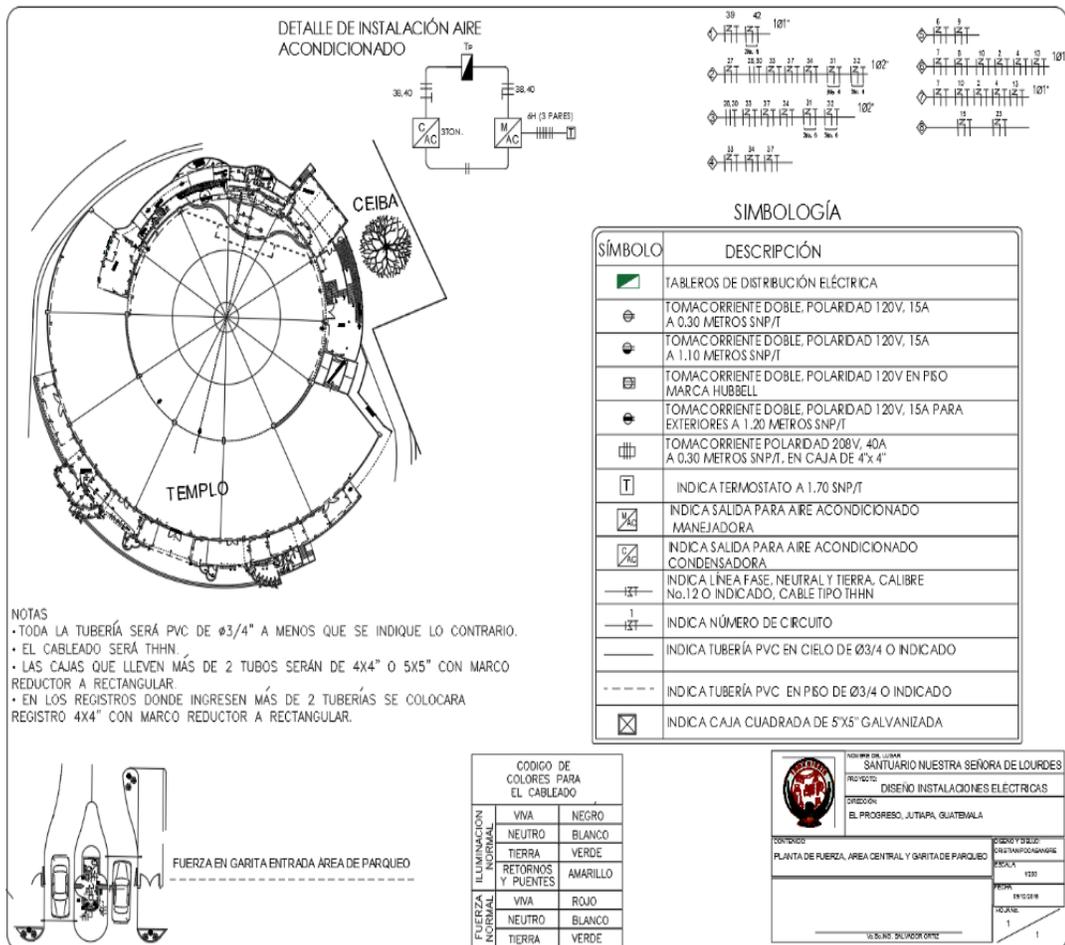


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

4.2. Planos de fuerza normal

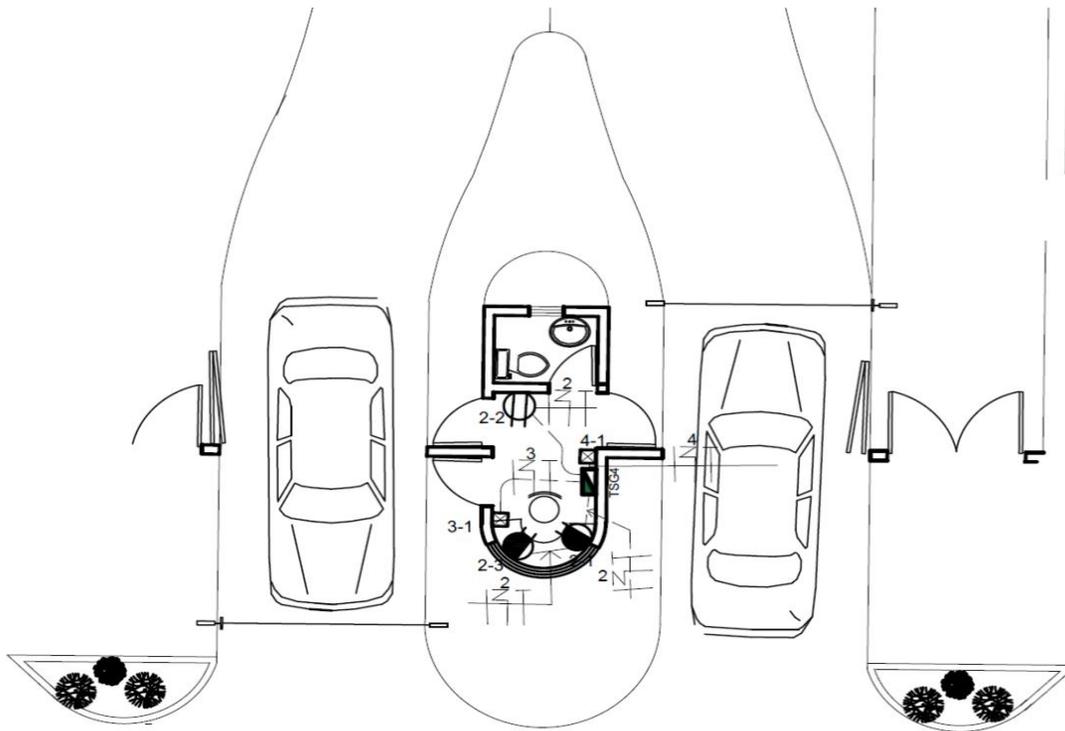
Para la elaboración de los planos de sistema de fuerza en todo el santuario se utilizaron criterios importantes, según necesidades, para la distribución de tomacorrientes y cajas de registro.

Figura 26. Plano de fuerza, área central



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 27. Fuerza normal garita principal en parqueo

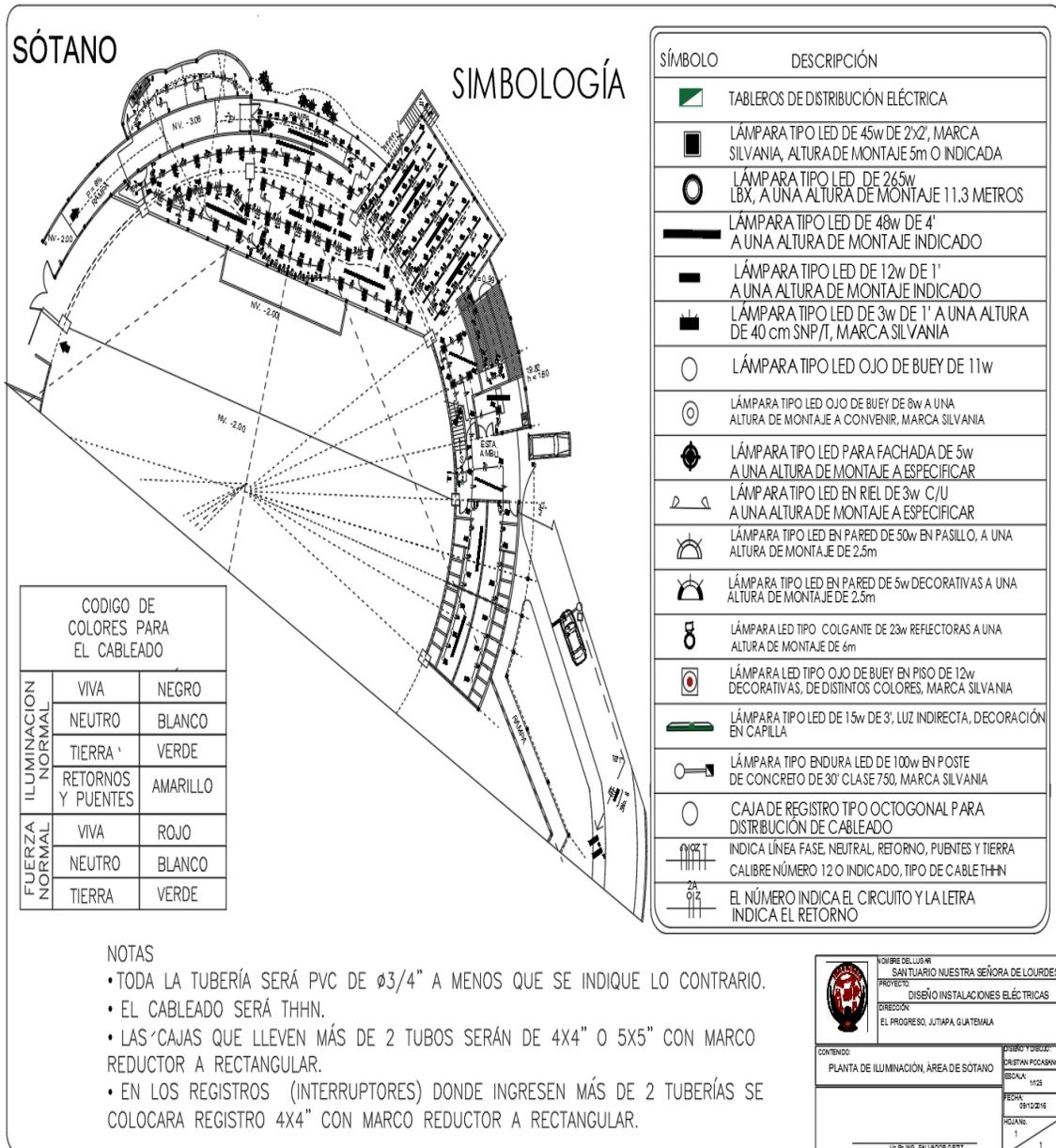


SIMBOLOGÍA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA
	TOMACORRIENTE DOBLE, POLARIDAD 120V, 15A A 0.30 METROS SNP/T
	TOMACORRIENTE DOBLE, POLARIDAD 120V, 15A A 1.10 METROS SNP/T
	TOMACORRIENTE DOBLE, POLARIDAD 120V EN PISO MARCA HUBBELL
	TOMACORRIENTE DOBLE, POLARIDAD 120V, 15A PARA EXTERIORES A 1.20 METROS SNP/T
	TOMACORRIENTE POLARIDAD 208V, 40A A 0.30 METROS SNP/T, EN CAJA DE 4"x 4"
	INDICA TERMOSTATO A 1.70 SNP/T
	INDICA SALIDA PARA AIRE ACONDICIONADO MANEJADORA
	INDICA SALIDA PARA AIRE ACONDICIONADO CONDENSADORA
	INDICA LÍNEA FASE, NEUTRAL Y TIERRA, CALIBRE No. 12 O INDICADO, CABLE TIPO THHN
	INDICA NÚMERO DE CIRCUITO
	INDICA TUBERÍA PVC EN CIELO DE Ø3/4 O INDICADO
	INDICA TUBERÍA PVC EN PISO DE Ø3/4 O INDICADO
	INDICA CAJA CUADRADA DE 5"x5" GALVANIZADA

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 28. Plano de fuerza, área de sótano



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

4.3. Planilla de tableros

En las figuras de la 29 a la 41 se muestran el balance energético, según corrientes y potencias aparentes, para cada tablero de distribución eléctrica.

Figura 29. Tablero principal TP

TABLERO: TP		TIPO: INDUSTRIAL I-LINE		BARRAS DE: 600		PRINCIPAL: 3X500 AMPERIOS											
VOLTAJE: 120/208		VOLTIOS		FASES: 3F		Núm POLOS: 42											
						HILOS: 9H (2H Núm.3/0 THHN P/F Y P/ NEUTRAL 100%, 1 H No.2 PARA TIERRA)											
DESCRIPCION DE CARGA	UNIDADES	CONDUCTOR THHN	FLIP-ON	No. CIRCUITO	CARGA EN VA-AMP. P/FASE						No. CIRCUITO	FLIP-ON	CONDUCTOR THHN	UNIDADES	DESCRIPCION DE CARGA		
					FASE A		FASE B		FASE C								
					VA	AMP.	VA	AMP.	VA	AMP.							
SUPRESOR DE TRASCIENTES 200 KA SQUARE D	1U	No. 10	3X30AMP.	1	0	0					2	3X175 AMP	Núm. 2/0	1U	ALIMENTACION TABLERO TIF1 EN PRIMER NIVEL		
				3	15612.6	132.123			0	0	4					14917.1	129.481
				5					0	0	6					15313	130.763
ALIMENTACION TABLERO TIF2 EN PRIMER NIVEL	1U	No. 2	3X50 AMP	7	4358.2	36.318					8	3X30 AMP.	Núm. 8	1U	ALIMENTACION TABLERO TM EN AREA DE PARQUEO		
				9	1666.7	16.025			4326.1	36.051	10					1464.7	14.083
				11					4441.2	37.010	12					1818.2	17.482
ALIMENTACION TABLERO TIF5 EN PRIMER NIVEL	1U	No. 3/0	3X125 AMP	13	10419.2	98.133					14	3X30 AMP.	Núm. 4	1U	ALIMENTACION TABLERO TIF3-S EN SOTANO		
				15	2664.1	22.201			10601.2	99.836	16					2824.2	23.536
				17					11012.2	97.554	18					2749.1	22.909
ALIMENTACION TABLERO TIF4-S EN SOTANO	1U	No. 4	3X30 AMP.	19	2953.3	24.611					20	2X20 AMP.	Núm. 10	1U	ALIMENTACION TABLERO TSG2-G		
				21	1040	10			2777.8	23.148	22					1040	10
				23					2777.8	23.148	24					1822.2	15.186
ALIMENTACION TABLERO TSG3-CP	1U	No. 4	3X70 AMP.	25	6725.5	56					26	2X30 AMP.	Núm. 8	1U	ALIMENTACION TABLERO TSG4		
				27	2252.4	18.770			6725.5	56	28					1665	16
				29					6725.5	56	30					1665	16
RESERVA				31											RESERVA		
RESERVA				33											RESERVA		
RESERVA				35											RESERVA		
RESERVA				37											RESERVA		
RESERVA				39											RESERVA		
RESERVA				41											RESERVA		
TOTAL					47692	414.181	46341.6	408.135	48324.2	416.052	42						

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Figura 30. Tablero principal TP-2

TABLERO: TP-2		TIPO: CENTRO DE CARGA		BARRAS DE: 200		PRINCIPAL: 3X175 AMPERIOS									
VOLTAJE: 120/208		VOLTIOS		FASES: 3F		No. POLOS: 30		HILOS: 5H (4H No.1/0 THHN P/F Y P/ NEUTRAL 100%, 1 H No.6 PARA TIERRA)							
DESCRIPCION DE CARGA	UNIDADES	CONDUCTOR THHN	FLIP-ON	No. CIRCUITO	CARGA EN VA-AMP. P/FASE						No. CIRCUITO	FLIP-ON	CONDUCTOR THHN	UNIDADES	DESCRIPCION DE CARGA
					FASE A		FASE B		FASE C						
					VA	AMP.	VA	AMP.	VA	AMP.					
TABLERO T.Video CIRCUITOS DE VIDEO PARA EVENTOS DEL SANTUARIO	1U	No. 6	3X80 AMP.	1	5555.6	46.26					2	3X60AMP.	No. 6	1U	TABLERO T.Audio SISTEMA DE SONIDO PARA EVENTOS DEL SANTUARIO
				3	5555.6	46.26				4					
				5			5555.6	46.26							
									5555.6	46.26	6				
TABLERO T.L.E. SISTEMA DE LUCES PARA ESCENAS Y EVENTOS ESPECIALES EN EL SANTUARIO	1U	No. 6	3X60AMP	7	5555.6	46.26				8					ESPACIO LIBRE
				9			5555.6	46.26			10				ESPACIO LIBRE
				11					5555.6	46.26	12				ESPACIO LIBRE
ESPACIO LIBRE				13					14				ESPACIO LIBRE		
ESPACIO LIBRE				15					16				ESPACIO LIBRE		
ESPACIO LIBRE				17					18				ESPACIO LIBRE		
ESPACIO LIBRE				19					20				ESPACIO LIBRE		
ESPACIO LIBRE				21					22				ESPACIO LIBRE		
ESPACIO LIBRE				23					24				ESPACIO LIBRE		
ESPACIO LIBRE				25					26				ESPACIO LIBRE		
ESPACIO LIBRE				27					28				ESPACIO LIBRE		
ESPACIO LIBRE				29					30				ESPACIO LIBRE		
TOTAL					16666.8	138.78	16666.8	138.78	16666.8	138.78					

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Figura 31. Tablero T – LE

TABLERO: T-LE		TIPO: CENTRO DE CARGA		BARRAS DE: 125		PRINCIPAL: 3X60 AMPERIOS									
VOLTAJE: 120/208		VOLTIOS		FASES: 3F		No. POLOS: 12		HILOS: 5H (4H No.6 THHN P/F Y P/ NEUTRAL 100%, 1 H No.8 PARA TIERRA)							
DESCRIPCION DE CARGA	UNIDADES	CONDUCTOR THHN	FLIP-ON	No. CIRCUITO	CARGA EN VA-AMP. P/FASE						No. CIRCUITO	FLIP-ON	CONDUCTOR THHN	UNIDADES	DESCRIPCION DE CARGA
					FASE A		FASE B		FASE C						
					VA	AMP.	VA	AMP.	VA	AMP.					
RESERVA PARA AUDIO				1							2				RESERVA PARA AUDIO
RESERVA PARA AUDIO				3							4				RESERVA PARA AUDIO
RESERVA PARA AUDIO				5							6				RESERVA PARA AUDIO
RESERVA PARA AUDIO				7							8				RESERVA PARA AUDIO
RESERVA PARA AUDIO				9							10				RESERVA PARA AUDIO
RESERVA PARA AUDIO				11							12				RESERVA PARA AUDIO
TOTAL					5555.56	46.26	5555.56	46.26	5555.56	46.26					

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Figura 32. **Tablero T – Audio**

TABLERO:	T-Audio	TIPO:	CENTRO DE CARGA	BARRAS DE:	125	PRINCIPAL:	3X60 AMPERIOS	
VOLTAJE:	120/208	VOLTIOS	FASES:	3F	No. POLOS:	12	HILOS:	5H (4H No.6 THHN P/F Y P/ NEUTRAL 100% 1 H No.8 PARA TIERRA)

DESCRIPCION DE CARGA	UNIDADES	CONDUCTOR THHN	FLIP-ON	No. CIRCUITO	CARGA EN VA-AMP. P/FASE						No. CIRCUITO	FLIP-ON	CONDUCTOR THHN	UNIDADES	DESCRIPCION DE CARGA
					FASE A		FASE B		FASE C						
					VA	AMP.	VA	AMP.	VA	AMP.					
RESERVA PARA AUDIO				1										2	RESERVA PARA AUDIO
RESERVA PARA AUDIO				3										4	RESERVA PARA AUDIO
RESERVA PARA AUDIO				5										6	RESERVA PARA AUDIO
RESERVA PARA AUDIO				7										8	RESERVA PARA AUDIO
RESERVA PARA AUDIO				9										10	RESERVA PARA AUDIO
RESERVA PARA AUDIO				11										12	RESERVA PARA AUDIO
TOTAL					5555.56	46.26	5555.56	46.26	5555.56	46.26					

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Figura 33. **Tablero T – Video**

TABLERO:	T-Video	TIPO:	CENTRO DE CARGA	BARRAS DE:	125	PRINCIPAL:	3X60 AMPERIOS	
VOLTAJE:	120/208	VOLTIOS	FASES:	3F	No. POLOS:	12	HILOS:	5H (4H No.6 THHN P/F Y P/ NEUTRAL 100% 1 H No.8 PARA TIERRA)

DESCRIPCION DE CARGA	UNIDADES	CONDUCTOR THHN	FLIP-ON	No. CIRCUITO	CARGA EN VA-AMP. P/FASE						No. CIRCUITO	FLIP-ON	CONDUCTOR THHN	UNIDADES	DESCRIPCION DE CARGA
					FASE A		FASE B		FASE C						
					VA	AMP.	VA	AMP.	VA	AMP.					
RESERVA PARA AUDIO				1										2	RESERVA PARA AUDIO
RESERVA PARA AUDIO				3										4	RESERVA PARA AUDIO
RESERVA PARA AUDIO				5										6	RESERVA PARA AUDIO
RESERVA PARA AUDIO				7										8	RESERVA PARA AUDIO
RESERVA PARA AUDIO				9										10	RESERVA PARA AUDIO
RESERVA PARA AUDIO				11										12	RESERVA PARA AUDIO
TOTAL					5555.56	46.26	5555.56	46.26	5555.56	46.26					

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Figura 34. Tablero TIF5, área nave principal

TABLERO: TIF5		TIPO: CENTRO DE CARGA		BARRAS DE: 200		PRINCIPAL: 3X125 AMPERIOS										
VOLTAJE: 120/208		VOLTIOS		FASES: 3F		Núm. POLOS: 30		HILOS: 5H (4H Núm.3/0, 1H Núm.4 P/T)								
DESCRIPCIÓN DE CARGA	UNIDADES	CONDUCTOR THHN	FLIP-ON	No. CIRCUITO	CARGA EN VA-AMP. P/FASE						No. CIRCUITO	FLIP-ON	CONDUCTOR THHN	UNIDADES	DESCRIPCIÓN DE CARGA	
					FASE A		FASE B		FASE C							
					VA	AMP.	VA	AMP.	VA	AMP.						
ILUMINACIÓN LED 208V. S.G. ÁREA DOMO PRINCIPAL DEL SANTUARIO	11U	Núm. 10	2X20 AMP.	1	1601.6	15.400					2	2X20AMP	Núm. 12	15U	ILUMINACIÓN LED 208V. S.G. ÁREA DOMO PRINCIPAL DEL SANTUARIO	
				3	873.6	8.400										
ILUMINACIÓN LED 208V. S.G. ÁREA DOMO PRINCIPAL DEL SANTUARIO	7U	Núm. 12	2X20AMP.	5						1019.2	9.800	6	2X20AMP	Núm. 10	8U	ILUMINACIÓN LED 208V. S.G. ÁREA DOMO PRINCIPAL DEL SANTUARIO
				7	1019.2	9.800										
ILUMINACIÓN LED 208V. S.G. ÁREA DOMO PRINCIPAL DEL SANTUARIO	6U	Núm. 12	2X20 AMP.	9			873.6	8.400				10	2X20 AMP.	Núm. 10	10U	ILUMINACIÓN LED 208V. S.G. ÁREA DOMO PRINCIPAL DEL SANTUARIO
				11			1456	14.000								
ESPACIO LIBRE				13												ESPACIO LIBRE
FUERZA 120V CABINA DE AUDIO	4U	Núm. 12	1X20 AMP.	15			1200	10				16	1X20 AMP.	Núm. 12	9U	ILUMINACIÓN LED 120V, ÁREA DEL CORO
FUERZA 120V, ÁREA DEL CORO EN SANTUARIO	1U	Núm. 12	1X20 AMP.	17					1600	13.333		18	1X20 AMP.	Núm. 12	1U	FUERZA 120V, ÁREA DEL CORO EN SANTUARIO
FUERZA 120V, ÁREA DEL CORO EN SANTUARIO	1U	Núm. 12	1X20 AMP.	19	1600	13.333						20	2X50 AMP.	Núm. 8	1U	FUERZA 208V, ÁREA DEL CORO EN SANTUARIO
				21	4160	40										
FUERZA 120V CABINA DE AUDIO	4U	Núm. 12	1X20 AMP.	23					1200	10		24	1X20 AMP.	Núm. 12	1U	FUERZA 120V, ÁREA DEL CORO EN SANTUARIO
				25					1600	13.333						
ESPACIO LIBRE				26												ESPACIO LIBRE
ESPACIO LIBRE				27												ESPACIO LIBRE
ILUMINACIÓN LED 120V. S.G. PASILLO Y ÁREA DE LA VIRGEN EN NIVEL 1	54U	Núm. 12	1X20AMP.	29					498.6	4.155		30				
				30												
TOTAL					10419.2	98.133	10601.2	99.836	11012.2	97.554						

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Figura 35. Tablero T-PAN, área nave principal

TABLERO: T-PAN		TIPO: CENTRO DE CARGA		BARRAS DE: 125		PRINCIPAL: 3X20 AMPERIOS										
VOLTAJE: 120/208		VOLTIOS		FASES: 3F		Núm. POLOS: 12		HILOS: 5H (4H No.10, 1H No.10 P/T)								
DESCRIPCIÓN DE CARGA	UNIDADES	CONDUCTOR THHN	FLIP-ON	No. CIRCUITO	CARGA EN VA-AMP. P/FASE						No. CIRCUITO	FLIP-ON	CONDUCTOR THHN	UNIDADES	DESCRIPCIÓN DE CARGA	
					FASE A		FASE B		FASE C							
					VA	AMP.	VA	AMP.	VA	AMP.						
ILUMINACION LED 120V. S.G. CUARTOS, PARED, CORREDOR DECORACION, CUADROS, ETC.	30U	No. 12	1X20 AMP.	1	1170.2	9.752					2					ESPACIO LIBRE
				3			700.4	5.837								
ILUMINACION LED 120V. S.G. CUARTOS, PARED, CORREDOR DECORACION, CUADROS, ETC.	44U	No. 12	1X20 AMP.	5					1164.7	9.706	4					ESPACIO LIBRE
				5												
ESPACIO LIBRE																ESPACIO LIBRE
ESPACIO LIBRE																ESPACIO LIBRE
ESPACIO LIBRE																ESPACIO LIBRE
ESPACIO LIBRE																ESPACIO LIBRE
ESPACIO LIBRE																ESPACIO LIBRE
TOTAL					1170.2	9.752	700.4	5.837	1164.7	9.706						

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Figura 36. Tablero TI4, área de parqueo

TABLERO:	TI4	TIPO:	CENTRO DE CARGA	BARRAS DE:	125	PRINCIPAL:	3X30 AMPERIOS	
VOLTAJE:	120/208	VOLTIOS	FASES:	3F	No. POLOS:	12	HILOS:	5H (4H No.10, 1H No.10 P/T)

DESCRIPCION DE CARGA	UNIDADES	CONDUCTOR THHN	FLIP-ON	No. CIRCUITO	CARGA EN VA-AMP. P/FASE						No. CIRCUITO	FLIP-ON	CONDUCTOR THHN	UNIDADES	DESCRIPCION DE CARGA
					FASE A		FASE B		FASE C						
					VA	AMP.	VA	AMP.	VA	AMP.					
ILUMINACION LED 208V, S.G. PARQUEO DE SANTUARIO	13U	No. 8	2X20 AMP.	1	656.6	6.313					2	2X20 AMP.	No. 8	20U	ILUMINACION LED 208V, S.G. PARQUEO DE SANTUARIO
				3			656.6	6.313							
							808.1	7.770							
									1010.1	9.712					
ILUMINACION LED 208V, S.G. PARQUEO DE SANTUARIO	16U	No. 8	2X20 AMP.	5					1010.1	9.712	6				ESPACIO LIBRE
				7	1010.1	9.712				808.1					
ESPACIO LIBRE				9											ESPACIO LIBRE
ESPACIO LIBRE				11											ESPACIO LIBRE
TOTAL					1666.7	18.025	1464.7	14.083	1818.2	17.482					

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Figura 37. Tablero TSG4 (GARITA)

TABLERO:	TSG4	TIPO:	CENTRO DE CARGA	BARRAS DE:	125	PRINCIPAL:	2X30 AMPERIOS	
VOLTAJE:	120/208	VOLTIOS	FASES:	2F	No. POLOS:	8 POLOS	HILOS:	4H (3H No.6, 1H No.8 P/T)

DESCRIPCION DE CARGA	UNIDADES	CONDUCTOR THHN	FLIP-ON	No. CIRCUITO	CARGA EN VA-AMP. P/FASE				No. CIRCUITO	FLIP-ON	CONDUCTOR THHN	UNIDADES	DESCRIPCION DE CARGA
					FASE A		FASE B						
					VA	AMP.	VA	AMP.					
ILUMINACION LED 120V AREA DE GARITA	10U	No. 12	1X20AMP.	1	122.2	1.019			2	1X20AMP.	No. 12	3U	FUERZA 120V, AREA DE GARITA
					1700	14.167							
FUERZA 120V, MOTORES DE TALANQUERA EN GARITA	1U	No. 12	1X20AMP.	3			1126.2	9.385	4	1X20AMP.	No. 12	1U	FUERZA 120V, MOTORES DE TALANQUERA EN GARITA
							1126.2	9.385					
ESPACIO LIBRE				5					6				ESPACIO LIBRE
ESPACIO LIBRE				7					8				ESPACIO LIBRE
TOTAL					1822.2	15.186	2252.4	18.770					

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Figura 38. Tablero TIF4-S, área de sótano

TABLERO:	TIF4-S	TIPO:	CENTRO DE CARGA	BARRAS DE:	125	PRINCIPAL:	3X30 AMPERIOS	
VOLTAJE:	120/208	VOLTIOS	FASES:	3F	No. POLOS:	12	HILOS:	5H (4H No.4, 1H No.8 P/T)

DESCRIPCION DE CARGA	UNIDADES	CONDUCTOR THHN	FLIP-ON	No. CIRCUITO	CARGA EN VA-AMP. P/FASE						No. CIRCUITO	FLIP-ON	CONDUCTOR THHN	UNIDADES	DESCRIPCION DE CARGA
					FASE A		FASE B		FASE C						
					VA	AMP.	VA	AMP.	VA	AMP.					
ILUMINACION LED 120V, S.G. EN PASILLO Y BAÑOS EN SOTANO	21U	No. 12	1X20 AMP.	1	488.9	4.074					2	1X20 AMP.	No. 12	3U	FUERZA 120V, AREA DE EST. AMB. EN SOTANO
FUERZA 120V, SECADOR DE MANOS EN BAÑOS SOTANO	1U	No. 10	1X30 AMP.	3			2777.8	23.148			4				ESPACIO LIBRE
FUERZA 120V, SECADOR DE MANOS EN BAÑOS SOTANO	1U	No. 10	1X30 AMP.	5					2777.8	23.148	6				ESPACIO LIBRE
FUERZA 120V, AREA DE ENF. Y PASILLO SOTANO	3U	No. 12	1X20 AMP.	7	600	5					8	1X20 AMP.	No. 12	3U	FUERZA 120V, AREA DE ENFERMERIA EN SOTANO
ESPACIO LIBRE				9	600	5					10				ESPACIO LIBRE
ESPACIO LIBRE				11							12				ESPACIO LIBRE
ESPACIO LIBRE				13	664.4	5.537					14	1X20 AMP.	No. 12	23U	ILUMINACION LED 120V, S.G. PLAZA Y RAMPA
ESPACIO LIBRE				16							18				ESPACIO LIBRE
ESPACIO LIBRE				19							20				ESPACIO LIBRE
TOTAL					2953.3	24.611	2777.8	23.148	2777.8	23.148					

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Figura 39. Tablero TIF2, área nave principal

TABLERO:	TIF2	TIPO:	CENTRO DE CARGA	BARRAS DE:	100	PRINCIPAL:	3X50 AMPERIOS	
VOLTAJE:	120/208	VOLTIOS	FASES:	3F	No. POLOS:	18	HILOS:	5H (4H No.2, 1H No.6 P/T)

DESCRIPCION DE CARGA	UNIDADES	CONDUCTOR THHN	FLIP-ON	No. CIRCUITO	CARGA EN VA-AMP. P/FASE						No. CIRCUITO	FLIP-ON	CONDUCTOR THHN	UNIDADES	DESCRIPCION DE CARGA
					FASE A		FASE B		FASE C						
					VA	AMP.	VA	AMP.	VA	AMP.					
ILUMINACION LED 120V, EN PULPITO CENTRAL, PASILLOS Y ALREDEDORES	33U	No. 12	1X20 AMP.	1	758.2	6.318					2	1X20AMP.	No. 12	2U	FUERZA 120V EN PULPITO CENTRAL
ILUMINACION LED 120V, EN CAPILLA JUNTO CON ILUMINACION DECORATIVA	24U	No. 12	1X20 AMP.	3			1126.1	9.384			4	1X20 AMP.	No. 12	3U	FUERZA 120V EN PULPITO CENTRAL
FUERZA 120V AREA DETRAS DEL PULPITO CENTRAL DEL SANTUARIO	6U	No. 12	1X20AMP.	5					1200	10	6	1X20 AMP.	No. 12	4U	FUERZA 120V EN AREA DE LA CAPILLA
FUERZA 120V EN AREA DE DOMO CENTRAL	4U	No. 12	1X20 AMP.	7	800	6.667					8	1X20AMP.	No. 12	5U	FUERZA 120V EN AREA DE DOMO CENTRAL
FUERZA 120V EN AREA DE LA CAPILLA	6U	No. 12	1X20 AMP.	9			1200	10			10	1X20 AMP.	No. 12	1U	FUERZA 120V EN PULPITO CENTRAL
ILUMINACION LED 120V, EN CAPILLA JUNTO CON ILUMINACION DECORATIVA	25U	No. 12	1X20 AMP.	11					1141.2	9.510	12	1X20 AMP.	No. 12	15U	ILUMINACION EN CORREDOR A UN COSTADO DE LA CAPILLA
FUERZA 120V SERVICIOS GENERALES PARA AREA DE LA VIRGEN	2U	No. 12	1X20 AMP.	13	600	5					14				ESPACIO LIBRE
ESPACIO LIBRE				15							16				ESPACIO LIBRE
TOTAL					4358.2	36.318	4326.1	36.051	4441.2	37.010					

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Figura 41. Tablero TIF1, área nave principal

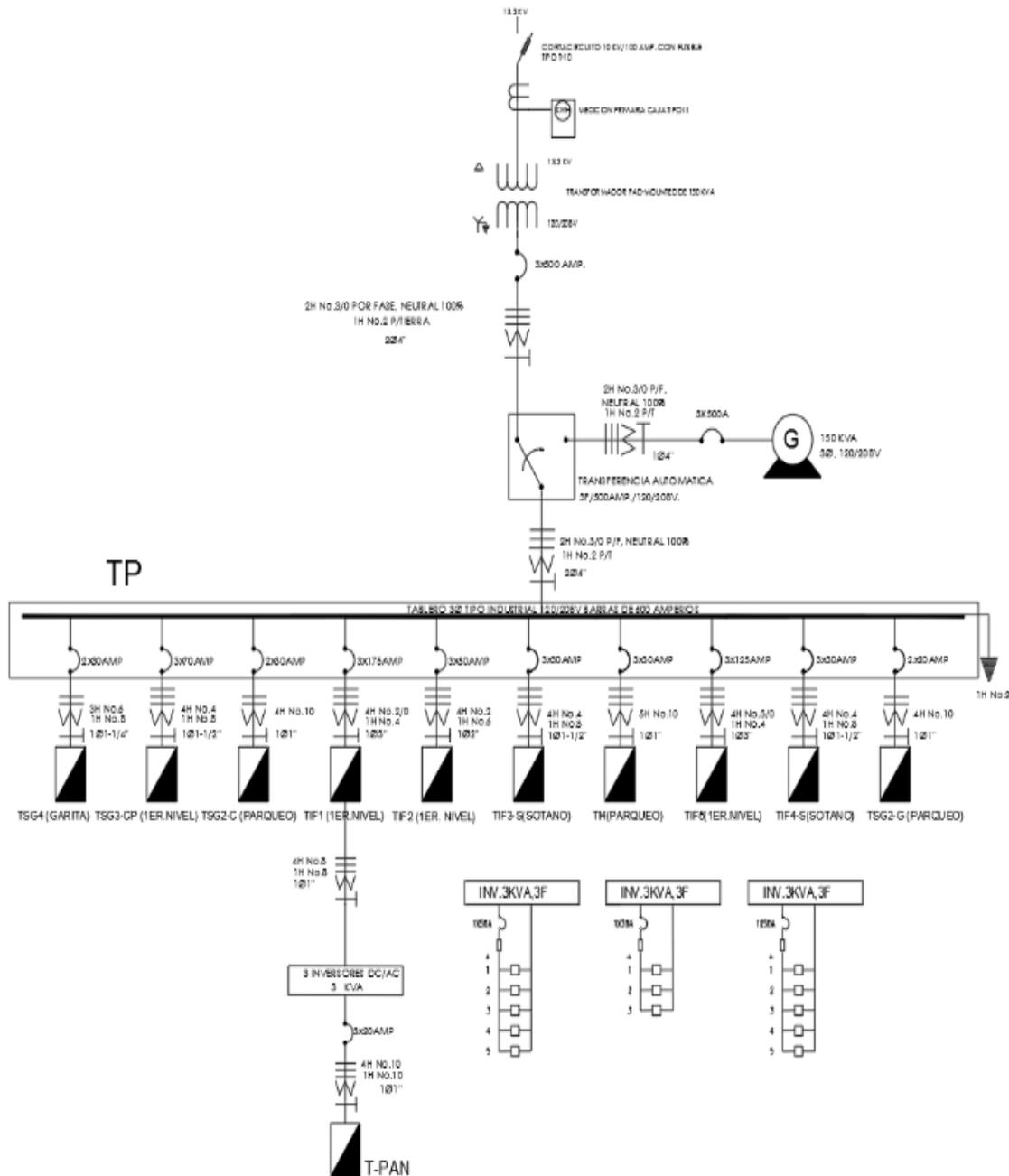
TABLERO: TIF1		TIPO: CENTRO DE CARGA		BARRAS DE: 225		PRINCIPAL: 3X175 AMPERIOS									
VOLTAJE: 120/208		VOLTIOS		FASES: 3F		No. POLOS: 42		HILOS: 5H (4H No. 2/0, 1H No.4 P/T)							
DESCRIPCION DE CARGA	UNIDADES	CONDUCTOR THHN	FLIP-ON	No. CIRCUITO	CARGA EN VA-AMP. P/FASE						No. CIRCUITO	FLIP-ON	CONDUCTOR THHN	UNIDADES	DESCRIPCION DE CARGA
					FASE A		FASE B		FASE C						
					VA	AMP.	VA	AMP.	VA	AMP.					
INVERSOR DC/AC DE PANELES FOTOVOLTAICOS PARA TABLERO T-PAN DE ILUMINA DENTRO DEL SANTUARIO	1U	No. 8	3X20 AMP.	1	1170.2	9.752					2	1X20 AMP.	No. 10	25U	ILUMINACION LED 120V DENTRO DEL SANTUARIO
				3	1212.1	10.10					4	1X20AMP.	No. 10	25U	ILUMINACION LED 120V DENTRO DEL SANTUARIO
				5			700.4	5.837			6	1X20AMP.	No. 10	26U	ILUMINACION LED 120V DENTRO DEL SANTUARIO
ILUMINACION LED 120V DENTRO DEL SANTUARIO	26U	No. 10	1X20 AMP.	7	1261.2	10.51				8	1X20AMP.	No. 10	24U	ILUMINACION LED 120V DENTRO DEL SANTUARIO	
ILUMINACION LED 120V DENTRO DEL SANTUARIO	25U	No. 10	1X20 AMP.	9	1164	9.70				10	1X20 AMP.	No. 10	23U	ILUMINACION LED 120V DENTRO DEL SANTUARIO	
ILUMINACION LED 120V DENTRO DEL SANTUARIO	24U	No. 10	1X20 AMP.	11						12	1X20 AMP.	No. 10	22U	ILUMINACION LED 120V DENTRO DEL SANTUARIO	
ILUMINACION LED 120V DENTRO DEL SANTUARIO	22U	No. 10	1X20 AMP.	13	1066.7	8.889				14	1X20 AMP.	No. 10	20U	ILUMINACION LED 120V DENTRO DEL SANTUARIO	
ILUMINACION LED 120V DENTRO DEL SANTUARIO	20U	No. 10	1X20 AMP.	15	969.7	8.081				16	1X20 AMP.	No. 10	18U	ILUMINACION LED 120V DENTRO DEL SANTUARIO	
ILUMINACION LED 120V DENTRO DEL SANTUARIO	19U	No. 10	1X20 AMP.	17						18	1X20 AMP.	No. 12	16U	ILUMINACION LED 120V DENTRO DEL SANTUARIO	
ILUMINACION LED 120V DENTRO DEL SANTUARIO	17U	No. 10	1X20 AMP.	19	824.2	6.869				20	1X20 AMP.	No. 12	22U	ILUMINACION LED 120VEN RAMPA Y CONFESIONARIO	
ILUMINACION LED 208V EN PARQUEO, S. G.	23U	No. 8	2X20 AMP	21			1161.6	11.169			22	1X20 AMP.	No. 12	3U	FUERZA 120V AREA DE CORREDORES 1
				23			600	5			24	1X20 AMP.	No. 12	6U	FUERZA 120V HABITACION PARROCO Y EXTERIOR
				25								26			
FUERZA 120V CORREDOR EN CENTRO DE ENTRADA	6U	No. 12	1X20 AMP.	27			1200	10			28	2X20 AMP	No. 12	1U	FUERZA 208V BOMBA DE AGUA
ESPACIO LIBRE				29			1298.3	12.484			30				
FUERZA 120V SERVICIOS SANITARIOS 1 EN ENTRADA SECADOR DE MANOS	1U	No. 6	1X30 AMP.	31	2777.8	23.148					32	1X30 AMP.	No. 6	1U	FUERZA 120V SERVICIOS SANITARIOS 2 EN ENTRADA SECADOR DE MANOS
FUERZA 120V AREA DE CORREDOR 2 Y PARTE EXTERIOR	4U	No. 12	1X20 AMP.	33	2777.8	23.148					34	1X20 AMP.	No. 12	3U	FUERZA 120V AREA DE CORREDOR 2
FUERZA 120V SERVICIOS GENERALES ENTRE ENTRADA Y DOMO DEL SANTUARIO	3U	No. 12	1X20 AMP.	35			800	6.667			36	1X20 AMP.	No. 12	3U	FUERZA 120V SERVICIOS GENERALES ENTRE ENTRADA Y DOMO DEL SANTUARIO
FUERZA 120V AREA DE CORREDOR 2	2U	No. 12	1X20 AMP.	37	400	3.333					38	2X30 AMP	No. 10	1U	FUERZA 208V PARA AIRE A/C EN HABITACION DE P.
FUERZA 120V HABITACION PARROCO Y EXTERIOR	8U	No. 12	1X20 AMP.	39	1575	15.144			1600	13.333	40				
FUERZA 120V AREA DE CORREDORES 1	3U	No. 12	1X20 AMP.	41					600	5	42	1X40 AMP.	No. 8	1U	FUERZA 120V CALENTADOR DE AGUA HAB. P.
TOTAL					15612.6	132.123	14917.1	129.481	15313	130.763					

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

4.4. Diagramas unifilares

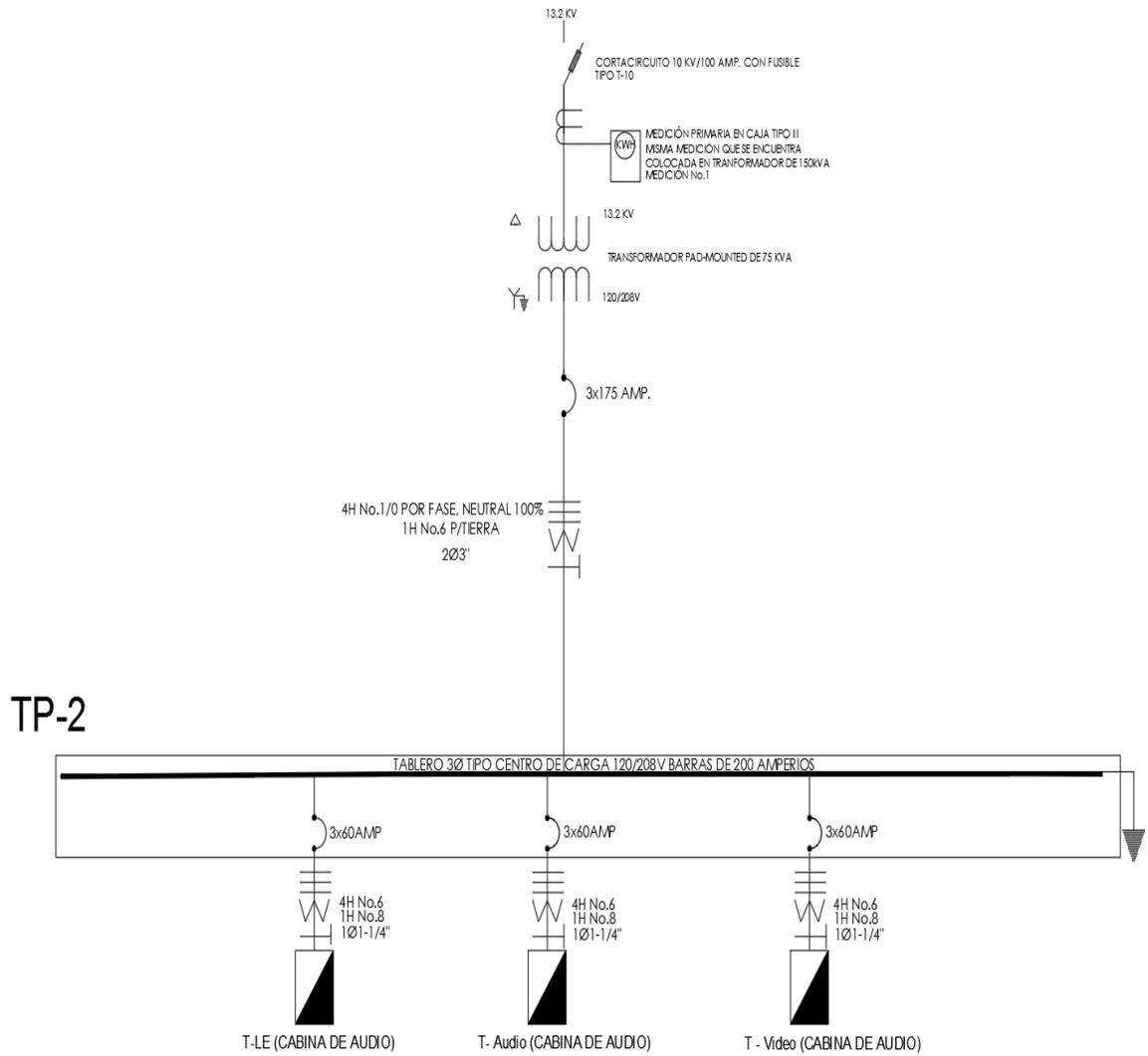
En las figuras 42, 43 y 44 se muestran los diagramas unifilares que representan las conexiones importantes del diseño del sistema de energía eléctrica de las instalaciones.

Figura 42. Diagrama unifilar completo de la instalación



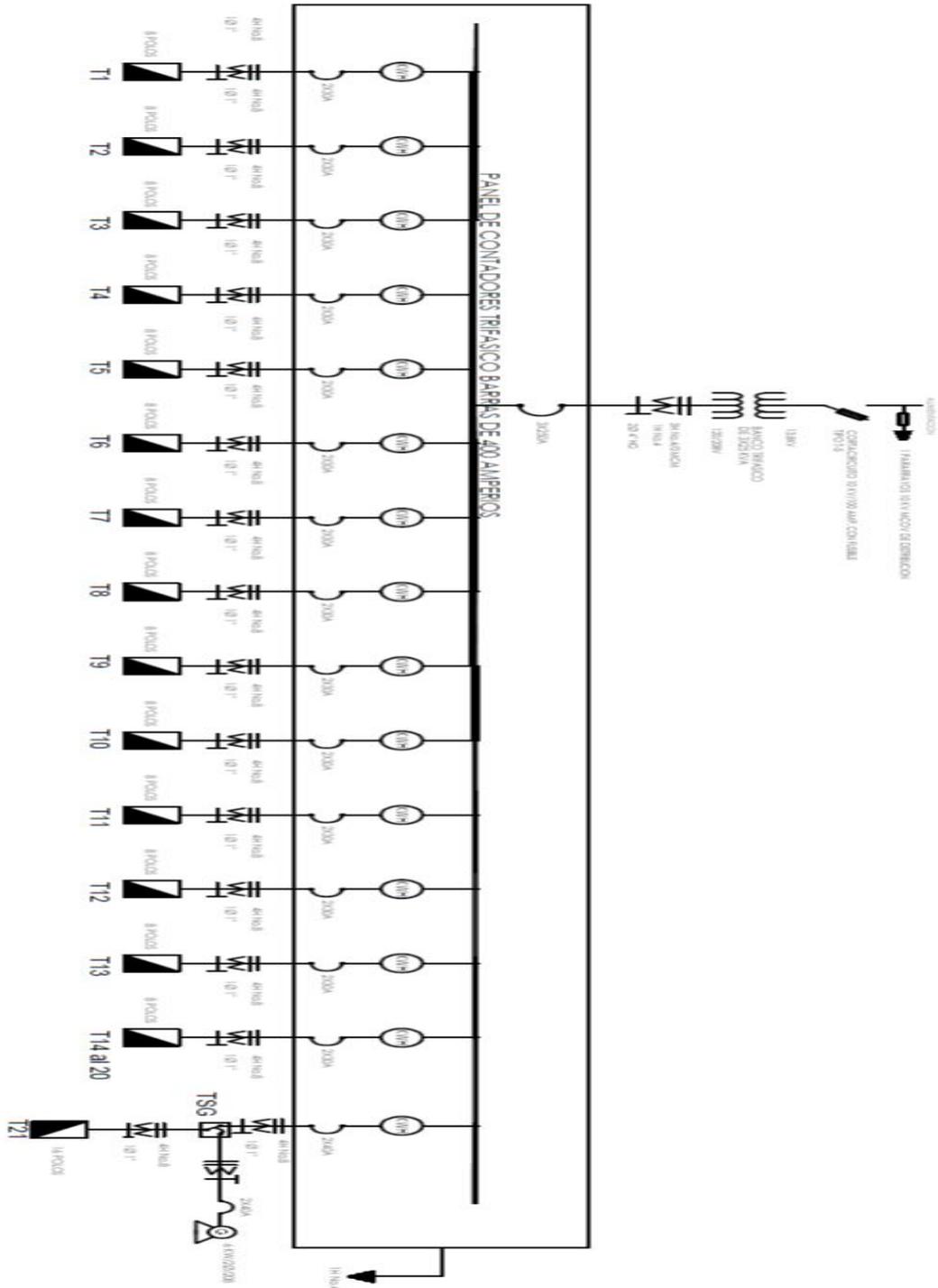
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Figura 43. **Diagrama unifilar secundario para sistema de sonido, video y luces**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Figura 44. Diagrama unifilar previsto para centro comercial

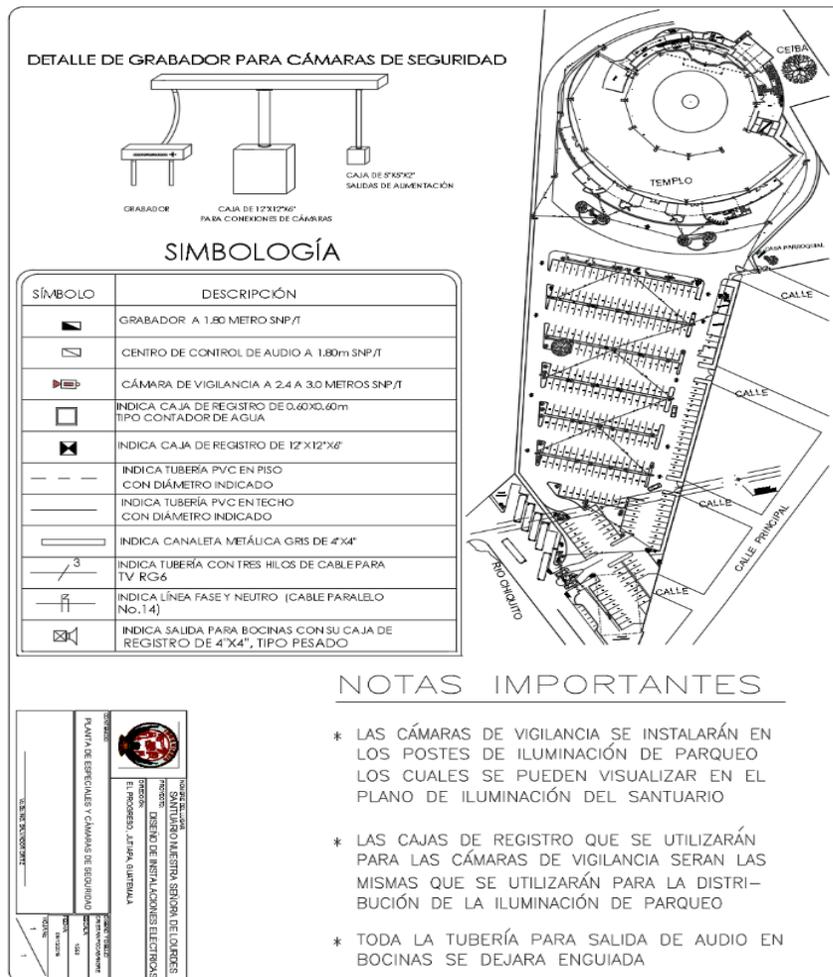


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

4.5. Sistema de sonido y cámaras de seguridad en nave principal y área de parqueo del Santuario

El plano de la figura 45 representa las instalaciones especiales para la futura implementación de cámaras y sonido, mostrándose una distribución óptima.

Figura 45. Plano de especiales

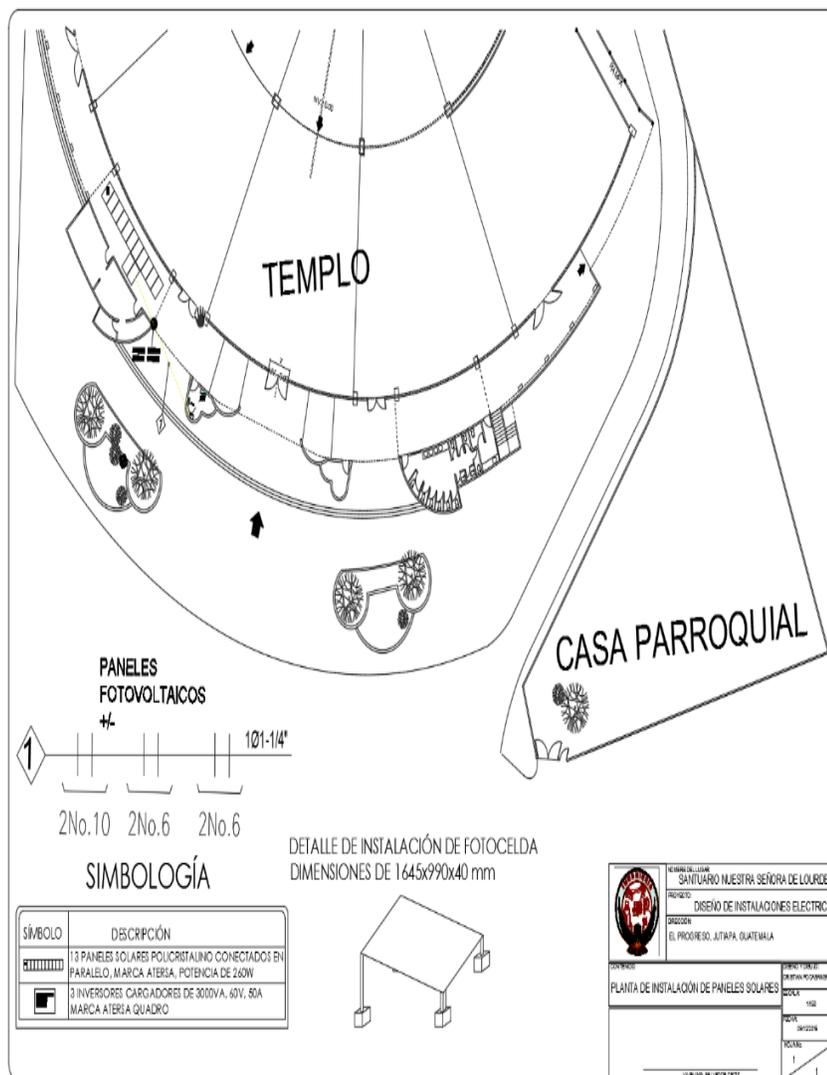


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

4.8. Plano de ubicación de paneles solares

En la figura 48 se muestra la distribución de los paneles solares, así como también su tipo de conexión y ubicación exacta de instalación.

Figura 48. Instalación de paneles solares



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

5. PROCESO DE ESTIMACIÓN DE COSTOS Y PRESUPUESTO

5.1. Conceptos básicos

Uno de los aspectos más relevantes de los que suelen incidir en los proyectos de instalación eléctrica es el coste de ejecución, sin duda, ya desde antes de empezar el proyecto es el factor decisivo, pero aun siéndolo, se debe de pronosticar o estimar.

La estimación de costos sirve para dar una idea cercana del costo final de la instalación completa. La gestión de costos del presente proyecto incluye los siguientes procesos:

- Estimar los costos: desarrollar una aproximación de los recursos financieros necesarios para completar el proyecto, se trata de una predicción cuantitativa, de los recursos necesarios para llevar a cabo las actividades del proyecto. Los costos se estiman para todos los recursos requeridos para el proyecto, es decir, personal, materiales, servicios, instalaciones, equipamiento, entre otros.
- Determinar el presupuesto: consiste en sumar el coste estimado de todas las actividades o paquetes de trabajo y establecer una línea base o plan de referencia de costes. El presupuesto del proyecto constituye los fondos autorizados para ejecutar el proyecto.

- Controlar los costos: monitorear la situación del proyecto para actualizar el presupuesto del mismo y gestionar cambios a la línea base de costo.

5.2. Cálculo de presupuesto final y costo de mano de obra del proyecto estimando la utilidad de la empresa ejecutora

Para la elaboración de la cuantificación de materiales con su respectivo costo y tiempo de ejecución, unitario y total, se elaboraron tablas por área de implementación, basándose en el diseño eléctrico elaborado.

Tabla XVI. Presupuesto final del proyecto

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo de materiales	Tiempo de ejecución	Costo de mano de obra	Utilidad de la empresa	costo total
1	Alimentación de transformador a tablero principal								
	Canalizado con tubería hg de 4" y cable núm.4/0 thhn	Gl	1	91 726,79	91 726,79	365,60	20 108,15	27 420,20	139 255,14
2	Alimentación de tablero principal a transferencia								
	Canalizado con tubería hg de 4" y cable núm.4/0 thhn	Gl	1	5 186,86	5 186,86	15,00	825,00	1 125,00	7 136,86
3	Alimentación de trasferencia a planta eléctrica								-
	Canalizado con tubería pvc y lt de 4" y cable 4/0 thhn	Gl	1	9 941,02	9 941,02	26,22	1 442,10	1 966,50	13 349,62
4	Alimentación de tablero principal tp a ti4								
	Canalizado con tubería pvc de 1", con cable núm. 8 thhn	Gl	1	407,71	407,71	16,57	911,35	1 242,75	2 561,81
5	Alimentación de tablero principal tp a tsg4								
	Canalizado con tubería pvc de 1-1/4", con cable núm. 6 thhn y cable núm.8 thhn	Gl	1	5 822,10	5 822,10	264,03	14 521,80	19 802,46	40 146,36
6	Alimentación de tablero principal tp a tsg2-c								
	Canalizado con tubería pvc de 1", con cable núm. 8 thhn	Gl	1	576,83	576,83	29,03	1 596,65	2 177,25	4 350,73
7	Alimentación de tablero principal tp a tsg2-g								
	Canalizado con tubería pvc de 1" y cable núm.8 thhn	Gl	1	824,48	824,48	42,35	2 329,25	3 176,25	6 329,98
8	Alimentación de tablero principal tp a tsg3-cp								
	Canalizado con tubería pvc de 1-1/2" y cable núm.4 , núm.8 thhn	Gl	1	4 160,59	4 160,59	113,44	6 239,34	8 508,19	18 908,12
9	Alimentación de tablero principal tp a tif1								
	Canalizado con tubería pvc de 3" y cable 2/0 thhn y núm.4 thhn	Gl	1	20 522,80	20 522,80	204,11	11 226,05	15 308,25	47 057,10
10	Alimentación de tablero tifi a t-pan								
	Canalizado con tubería pvc 1" y cable núm. 8 thhn	Gl	1	698,74	698,74	25,36	1 394,80	1 902,00	3 995,54
11	Alimentación de tablero principal tp a tif2								
	Canalizado con tubería pvc 2" y cable núm. 6 y núm.2 thhn	Gl	1	19 888,98	19 888,98	341,84	18 801,20	25 638,00	64 328,18

Continuación tabla XVI.

12	Alimentación de tablero principal tp a tif5									
	Canalizado con tubería pvc 3" y cable 3/0 y núm.2 thhn	GI	1	40 211,10	40 211,10	201,97	11 108,35	15 147,76	66 467,20	
13	Alimentación de tablero principal tp a tif3-s									
	Canalizado con tubería pvc 1-1/2" y cable núm.8 y núm.4 thhn	GI	1	12 908,18	12 908,18	335,33	18 443,15	25 149,75	56 501,08	
14	Alimentación de tablero tp a tif4-s									
	Canalizado con tubería pvc 1-1/2" y cable núm.8 y núm.4 thhn	GI	1	12 765,14	12 765,14	336,22	18 492,10	25 216,50	56 473,74	
15	Red de tierras									
	Con cable desnudo núm.2, varillas de cobre de 5/8"x8" con soldadura cadweld	GI	1	13 564,48	13 564,48	641,86	35 302,30	48 139,50	97 006,28	
16	Pararrayos									
	Con pararrayo pulsar 30 y 60 con mástil de 3 metros, trípode y cable 28r sampson marca thompson	GI	1	42 817,42	42 817,42	27,76	1 526,80	2 082,00	46 426,22	
17	678 salidas para iluminación 120v/nave principal									
	Canalizado con tubería pvc de 3/4", 1", 1-1/2", 1-1/4", 2", cable núm.12, 10, 8 thhn	Unidad	678	66,98	45 412,46	1 449,47	79 720,85	108 710,25	233 843,56	
18	48 salidas para iluminación 208v, domo principal									
	Canalizado con tubería pvc de 3/4", 1", 1-1/4", cable núm.10 y núm.12 thhn	Unidad	48	241,29	11 581,80	136,18	7 489,90	10 213,50	29 285,20	
19	52 salidas para iluminación 208v, área parqueo									
	Canalizado con tubería pvc de 1", 1-1/4", cable núm.8 thhn	Unidad	52	987,29	51 339,23	303,19	16 675,45	22 739,25	90 753,93	
20	124 salidas para iluminación 120v, área sótano									
	Canalizado con tubería pvc de 3/4", 1", cable núm.12 y núm.10 thhn	Unidad	124	52,37	6 494,09	118,44	6 514,20	8 883,00	21 891,29	
21	30 salidas de fuerza 120v/ área sótano									
	Canalizado con tubería pvc de 3/4", 1", cable núm.12 thhn	Unidad	30	155,14	4 654,12	56,93	3 131,15	4 269,75	12 055,02	
22	92 salidas de fuerza 120v/ área nave principal									
	Canalizado con tubería pvc de 3/4", 1", 1-1/2", 1-1/4", 2" y cable núm.8, 12, 6 thhn	Unidad	92	190,04	17 483,61	210,00	11 550,00	15 750,00	44 783,61	
23	2 salidas fuerza 208v/ nave principal									
	Canalizado con tubería pvc de 3/4", 1", cable núm.8 y 12 thhn	Unidad	2	362,11	724,21	12,72	699,60	954,00	2 377,81	
24	1 salida fuerza 208v/ nave principal/ para a/c									
	Canalizado con tubería pvc de 1", cable núm.10 thhn y tubería It de 4"	Unidad	1	1 446,40	1 446,40	12,88	708,40	966,00	3 120,80	
25	19 salidas de especiales (sistema de sonido)									
	Canalizado con tubería pvc de 1", con alambre galvanizado núm.16 enquiado	Unidad	19	109,24	2 075,51	78,73	4 330,15	5 904,75	12 310,41	
26	30 salidas de especiales (para cámaras de vig.)									
	Canalizado con tubería pvc de 1", con alambre galvanizado núm.16 enquiado	Unidad	30	319,12	9 573,51	194,03	10 671,65	14 552,25	34 797,41	
27	Instalación de paneles solares									
	Canalizado con tubería pvc de 1-1/4, cable núm. 4 thhn, incluyendo paneles e inversor dc/ac	GI	1	42 673,79	42 673,79	51,62	2 838,86	3 871,18	49 383,83	
28	Tableros									
	Suministro e instalación de tableros industriales, centros de carga y supresor de transientes para tp	GI	1	61 712,97	61 712,97	47,65	2 620,75	3 573,75	67 907,47	
29	Planta eléctrica									
	Suministro e instalación de planta eléctrica de 150 kVA trifásica con transferencia automática de 500 amperios	GI	1	233 065,00	233 065,00	12,65	695,75	948,75	234 709,50	
30	Lámparas									
	Suministro e instalación de lámparas	GI	1	2 314 890,25	2 314 890,25	581,21	31 966,55	43 590,75	2 390 447,55	
	Total				3 085 150,17	6 252,39	343 881,65	468 929,53	3 897 961,35	

Fuente: elaboración propia.

El presupuesto final es de: Q3 897 961,35, el cual incluye:

- Costo de mano de obra de: Q55,00 por hora
- Costo de la empresa ejecutora: Q130.00 por hora de servicios restando costo de mano de obra
 - Obteniendo una utilidad del 20% del costo final

5.2.1. Estimación del tiempo total para ejecución del proyecto

En la tabla XVII se encuentra representado lo que es el tiempo total para la ejecución o instalación de los equipos eléctricos y su distribución en todo el santuario.

Tabla XVII. **Tiempo total estimado**

TIEMPO TOTAL DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO EN HORAS	CANTIDAD DE ELECTRICISTAS CON SU AYUDANTE EN LA OBRA	HORAS DE TRABAJO AL DÍA	DÍAS DE TRABAJO AL MES	TIEMPO TOTAL DE EJECUCIÓN EN MESES
6252.3937	6	8	22	6 meses

Fuente: elaboración propia.

5.3. Estimación de la potencia real demandada según factores de utilización

El total de la potencia real máxima demandada se utilizara para conocer tarifas, consumo de energía eléctrica promedio y potencia que se estará utilizando en el Santuario.

Tabla XVIII. **Potencia real máxima demandada de tablero principal TP (w)**

TABLERO	POTENCIA (VA) INSTALADA	FACTOR DE POTENCIA	FACTOR DE UTILIZACIÓN	POTENCIA (W) DEMANDADA
TIF1	45842.66	0.9	0.88	36461.394
TIF2	13125.5	0.9	0.63	7472.205
TIF3-S	8237.41	0.9	0.77	5683.6215
TI4	4949.6	0.9	1.00	4454.64
TIF5	32032.6	0.9	0.78	22421.34
TIF4-S	8508.9	0.9	0.87	6686.01
TSG3-CP, TSG2-G,C	25586.5	0.9	0.76	17570.5875
TSG4	4074.6	0.9	0.62	2271.06
TOTAL	142357.77			103020.858

Fuente: elaboración propia.

5.3.1. Cálculo de costos según consumo de energía estimado y según costos de comercializadora

En la tabla XIX se verá reflejado lo siguiente:

- Se tendrá un gasto fijo mensual por tener a la disposición para cualquier evento una potencia de 103kW, aunque no se esté consumiendo energía ya que este gasto no incluye los costos de consumo de energía eléctrica.
- El costo de la energía consumida al mes está basado en un consumo promedio de 8 días al mes, utilizando la energía 12 horas cada día, sin embargo este es solo un estimado, esto quiere decir que este costo puede variar ya que puede subir o bajar según sea el consumo real cuando el Santuario esté en funcionamiento.

Tabla XIX. **Estimación de costos de energía de tablero principal TP**

TABLERO PRINCIPAL TRIFÁSICO	
POTENCIA DE TABLERO	103,020.858W
POTENCIA A CONTRATAR	103KW
GASTOS DE PEAJE (\$6.50/kW)	\$669.5
GASTOS DE TRANSMISIÓN (2.25/kW)	\$231.75
GASTOS DE SERV. COMPLEMENT. (\$0.003/kW)	\$0.309
GASTOS POR POT. CONTRATADA (\$7/kW)	\$721
GASTOS FIJOS (SIN INCLUIR GASTO POR CONSUMO DE ENERGIA)	\$1,622.559 = Q12,655.96
COSTO POR ENERGÍA PROM. AL MES (0.06/kWh) (96 horas/mes) (Puede variar)	\$593.28
COSTO TOTAL DEL SANTUARIO / MES	\$2,215.84
COSTO TOTAL DEL SANTUARIO / MES	Q17,283.55

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Para realizar proyectos de instalaciones eléctricas se requiere de conocimiento y criterio por parte de la persona a diseñar.
2. Cuando se realizan las acometidas eléctricas es necesario que el tubo este acorde al diseño o dejar espacio suficiente para la manipulación de los cables.
3. Se realizó un estudio de la tierra física en el lugar del inmueble, dando resultado una medición acorde para realizar el sistema de puesta a tierra, donde no necesita tratamiento el suelo.
4. Dejar siempre un porcentaje económico previniendo cualquier inconveniente de atraso en el proyecto o falta de materiales.
5. El sistema de pararrayos protege todo el inmueble y produce sus descargas en el menor tiempo posible en microsegundos.
6. Si es demasiado largo el tramo de la acometida, siempre es necesario dejar cajas de registro.
7. Para la realización de un sistema de puesta a tierra es importante contar con los datos de resistividad del terreno, características de las varillas y del conductor que se utilizará.

RECOMENDACIONES

1. Para la realización de un diseño eléctrico para futuras cargas a conectar en las instalaciones o en el sistema, se requiere del conocimiento de los datos de los aparatos a instalar.
2. Colocar el calibre de cable adecuado para cada circuito eléctrico, para así prevenir calentamientos o fallas en los conductores.
3. En el diseño eléctrico se requiere que la instalación sea segura y de fácil mantenimiento.
4. Elaborar y llevar a cabo un plan de mantenimiento preventivo para evitar el deterioro de las instalaciones eléctricas y mantenerlas en óptimo estado, para prolongar su vida útil y evitar posibles accidentes.

BIBLIOGRAFÍA

1. BRATU SERBAN, Neagu; CAMPERO LITTLEWOOD, Eduardo. *Instalaciones eléctricas: conceptos básicos y diseño*. 2a. ed. México: Alfaomega, 1994. 150 P.
2. ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto. *EL ABC de las instalaciones eléctricas residenciales*. México: Limusa, 2000. 227 P.
3. LÓPEZ HERNÁNDEZ, Gonzalo. *Manual para instalaciones eléctricas*. 3a. ed. México: Limusa, 2004. 187 P.
4. MÉNDEZ CÉLIZ, Luis Alfonso. *Guía para el diseño de instalaciones eléctricas*. Tesis ingeniero mecánico electricista. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1992. 92 P.
5. Normas para acometidas de servicio eléctrico. 12 ed. Guatemala: Empresa Eléctrica de Guatemala S.A., Resolución CNEE-61-2004. 39 P.
6. Normas NEC, 8a. ed. 1999.

APÉNDICES

Medición de resistividad del terreno



Fuente: elaboración propia.



Fuente: elaboración propia.



Fuente: elaboración propia.



Fuente: elaboración propia.

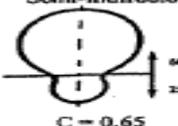
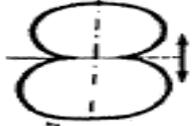
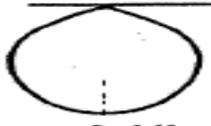
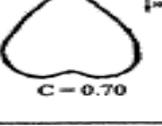
ANEXOS

Tabla A-1. Niveles mínimos de iluminación según el plano de trabajo

Locales cerrados o vías públicas a iluminar	Luxes
Industria	
Montaje y trabajo de piezas muy pequeñas	1000
Montaje y trabajo de piezas pequeñas	500
Montaje y trabajo de piezas medianas	300
Montaje y trabajo de piezas grandes	200
Almacenes de piezas separadas y acabadas	200
Oficinas	
Lectura y escritura intermitentes	300
Lectura y escritura continuas	500
Contabilidad, dactilografía	500
Mecanografía	700
Salas de dibujo	500
Laboratorios	
Alumbrado general	300
En el plano de los tableros de dibujo	500
Archivos	100
Excusados, escaleras, vestuarios	100
Escuelas	
Salas de clase y de profesores	300
Sala de dibujo	500
Sala de gimnástica	200
Auditorio	300
Sala de conferencia	150
Sala de costura	700
Cocina	200
Sala de juegos	300
Enfermería	300
Sala de espera	200
Biblioteca, sala de lectura	300
Almacenes	
Almacén propiamente dicho	300
Escaparates	100-2000
Excusados, locales adjuntos	100
Casas particulares	
Salones	100
Comedores	120
Despachos	200
Cocinas	150
Vestíbulos, trasteros	50

Fuente: Tabla 250-122, Código Eléctrico Nacional. Pág. 70-121

Tabla A-2. Coeficientes de utilización según tipo de iluminación en cada luminaria

	Cielo	70%			50%		
	Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%
	Suelo	10%					
	Indice del local K	Coeficiente de Utilización C_u					
 <p>Indirecto $C = 0.70$</p>	0.6	.24	.19	.14	.17	.14	.11
	0.8	.3	.25	.2	.22	.18	.15
	1	.35	.3	.25	.26	.22	.18
	1.25	.4	.34	.29	.30	.26	.22
	1.5	.43	.38	.33	.32	.28	.24
	2	.48	.43	.39	.36	.32	.29
	2.5	.52	.47	.43	.38	.35	.32
	3	.54	.5	.46	.4	.37	.34
	4	.57	.54	.5	.43	.4	.37
	5	.59	.56	.53	.44	.42	.39
 <p>Semi-indirecto $C = 0.65$</p>	0.6	.22	.17	.13	.17	.14	.11
	0.8	.27	.23	.19	.22	.18	.15
	1	.32	.27	.23	.26	.22	.19
	1.25	.36	.32	.28	.29	.26	.22
	1.5	.40	.35	.31	.32	.28	.25
	2	.44	.40	.36	.36	.32	.29
	2.5	.48	.44	.40	.38	.35	.32
	3	.5	.46	.42	.40	.37	.34
	4	.53	.49	.46	.43	.40	.37
	5	.55	.52	.49	.45	.42	.39
 <p>Mixto $C = 0.70$</p>	0.6	.25	.21	.17	.23	.19	.16
	0.8	.31	.26	.22	.28	.24	.21
	1	.36	.32	.28	.33	.29	.26
	1.25	.41	.36	.33	.37	.33	.30
	1.5	.45	.40	.36	.40	.36	.33
	2	.50	.46	.42	.44	.41	.38
	2.5	.53	.49	.46	.47	.44	.41
	3	.55	.52	.49	.49	.46	.44
	4	.58	.56	.53	.52	.49	.47
	5	.61	.58	.55	.54	.51	.49
 <p>Semi-directo $C = 0.70$</p>	0.6	.33	.28	.24	.31	.26	.24
	0.8	.40	.35	.31	.38	.33	.30
	1	.47	.41	.37	.44	.39	.36
	1.25	.52	.47	.43	.49	.45	.41
	1.5	.56	.51	.47	.53	.49	.45
	2	.62	.57	.54	.58	.54	.51
	2.5	.65	.61	.58	.60	.57	.54
	3	.68	.64	.61	.63	.60	.57
	4	.70	.67	.65	.66	.63	.61
	5	.72	.70	.68	.68	.65	.63
 <p>Directo $C = 0.65$</p>	0.6	.34	.28	.23	.33	.27	.24
	0.8	.42	.36	.31	.41	.35	.31
	1	.48	.42	.38	.47	.42	.37
	1.25	.55	.48	.44	.53	.48	.44
	1.5	.59	.53	.49	.57	.52	.48
	2	.64	.60	.55	.63	.59	.55
	2.5	.68	.64	.60	.66	.63	.59
	3	.71	.67	.63	.69	.66	.63
	4	.75	.71	.69	.73	.70	.68
	5	.77	.74	.72	.75	.73	.71
 <p>Directo (con lámparas a espejo) $C = 0.70$</p>	0.6	.53	.46	.42	.52	.46	.42
	0.8	.63	.57	.52	.62	.56	.52
	1	.71	.65	.60	.70	.64	.60
	1.25	.78	.72	.68	.76	.71	.68
	1.5	.82	.77	.73	.81	.76	.72
	2	.88	.84	.80	.87	.85	.80
	2.5	.92	.88	.84	.90	.86	.84
	3	.94	.91	.88	.92	.90	.87
	4	.97	.94	.92	.95	.93	.91
	5	1.0	.97	.95	.98	.96	.94

Fuente: Tabla D, Anuario de Colegio de Ingenieros, 1986.