

**INSTALACIONES ELECTRICAS INTEGRANDO ENERGIASOLAR
FOTOVOLTAICA PARA EL TEMPLO PARROQUIAL DEL
CORREGIMIENTO EL DIAMANTE**

EYDER DAMIAN JAIMES RANGEL

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA FACULTAD DE INGENIERÍAS Y
ARQUITECTURA
INGENIERÍA ELÉCTRICA PAMPLONA
2022**

**INSTALACIONES ELECTRICAS INTEGRANDO ENERGIA SOLAR
FOTOVOLTAICA PARA EL TEMPLO PARROQUIAL DEL
CORREGIMIENTO EL DIAMANTE**

EYDER DAMIAN JAIMES RANGEL Código: 1094285069

Proyecto de grado para optar al título de: ingeniero eléctrico

Director

M.Sc. Luis David Pabon Fernandez Ingeniero Eléctrico

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA FACULTAD DE INGENIERÍAS Y
ARQUITECTURA
INGENIERÍA ELÉCTRICA PAMPLONA 2022**

Dedico este proyecto inicialmente a Dios por darme sabiduría, fortaleza y paciencia para afrontar las diferentes dificultades presentadas en este largo camino y superarlas de manera satisfactoria.

A mis padres por el esfuerzo y sacrificio para poder brindarme la formación profesional, a mis hermanos por siempre brindar sabios consejos y apoyo.

A mis profesores por ser esos guías brindándome sus conocimientos para ponerlos en práctica a lo largo de mi vida.

Contenido

Resumen	15
Introducción.....	17
1. Capítulo 1	18
1.1 Planteamiento del problema	18
1.2 Justificación.....	18
1.3 Objetivos.....	19
1.3.1Objetivo general.....	19
1.3.1 Objetivos específicos	19
1.4 Antecedentes.....	19
1.4.1 Investigaciones internacionales.....	19
1.4.2 Investigaciones nacionales	20
1.4.3 Investigaciones regionales	21
1.5 Estructura de la tesis	21
2. Capítulo 2	23
2.1 Marco teórico	23
2.1.1 Instalaciones eléctricas.....	24
2.1.2 Tipos de diseños eléctricos	24
2.1.3 Diseño detallado.....	24
2.1.4 Diseño simplificado	25
2.1.5 Simbología para el diseño de planos.....	25
2.1.6 Diseño de circuitos ramales	26
2.1.7 Acometida.....	27
2.1.8 Conductores	27

2.1.9	Aislamiento de conductores eléctricos.....	28
2.1.10	Puesta a tierra	29
2.1.11	Medidor de energía eléctrica.....	30
2.2.1	Disposición de tomacorrientes e iluminación	31
2.3	Diseño de Iluminación	31
2.3.1	Lámparas y luminarias	34
2.3.2	Disposición de luminarias	35
2.3.3	Matriz de intensidades	35
2.3.4	Diagrama isolux	35
2.3.5	Diagrama polar de intensidad luminosa.....	36
2.3.6	Duración o vida útil de la fuente lumínica	36
2.3.7	Iluminancia promedio	36
2.3.8	Selección conjunto lámpara-luminaria.....	36
2.4	Unidades fotométricas.....	36
2.4.1	Flujo luminoso	37
2.4.2	Intensidad luminosa	37
2.4.3	Factor de mantenimiento (FM)	37
2.5	Iluminación de emergencia	38
2.6	Dialux evo	38
2.7	Sistema fotovoltaico conectado a la red	38
2.7.1	Radiación	38
2.7.2	Horas pico solares	39
2.7.3	Célula fotovoltaica	39
2.7.4	Efecto fotovoltaico.....	39
2.7.5	Unión p-n	39

2.7.6	Módulos fotovoltaicos.....	40
2.7.7	Curvas características:.....	41
3.1	Ubicación geográfica.....	43
3.1.1	Localización del proyecto	43
3.2	Diseño de las instalaciones eléctricas del templo parroquial el diamante norte de Santander	44
3.2.1	Visita para el templo parroquial del corregimiento el Diamante	44
3.2.2	Levantamiento de planos arquitectónicos	45
3.2.3	Categorización del proyecto.....	46
3.2.4	Selección de luminarias	46
3.2.5	Especificaciones de equipos a utilizar.....	46
3.2.6	Proyectores FLOODLIGHT FEN 3.....	47
3.2.7	Norma técnica a implementar para cualquier tipo de iluminación en Colombia	49
3.2.8	Niveles de iluminancia para cada área y actividad	49
3.3	Implementación del software Dialux evo.....	50
3.4	Simulaciones de locales dentro del templo	53
3.4.1	Disposicion de luminaria.....	53
3.4.2	Iluminación de baños	54
3.4.3	Iluminación de Coro.....	54
3.4.4	Iluminación de bodega	55
3.4.5	Iluminación de área principal del templo.....	56
3.5	Distribución de luminarias para todo el templo:.....	57
3.6	Iluminación de fachada	58
3.7	Diseño de iluminación para circulación de vehículos.....	59
3.8	Diseño de iluminación de emergencia.....	61
3.8.1	Lámpara seleccionada.....	62

3.10	Disposición de tableros de distribución.....	64
3.11	Distribución de iluminación e interruptores	64
3.12	Cálculos.....	65
3.12.1	Cálculo de potencia del templo	65
3.12.2	Cuadro de cargas a instalar en el templo parroquial	66
3.12.3	Cuadro de cargas general	67
3.12.4	Límite de carga	68
3.12.5	Servicio solicitado:.....	68
3.12.6	Demanda máxima	69
3.12.7	Cálculo de demanda máxima	69
3.12.8	Calculo para acometida	69
3.12.9	Cálculos de regulación	70
3.12.10	Cálculo de regulación de voltaje:.....	71
3.12.11	Cálculo de pérdidas máximas de potencia	72
3.12.12	Pérdidas máximas de potencia según CENS:.....	73
3.13	Sistema de puesta a tierra	73
3.13.1	Selección de calibre del conductor de puesta a tierra para losequipos de la instalación.....	73
3.13.2	Elección del calibre electrodo de puesta a tierra	75
3.13.3	Elección del electrodo de puesta tierra	75
3.14	Análisis contra descargas atmosféricas	75
3.14.1	Funcionamiento	79
3.14.2	Lista de los Principales materiales a utilizar:.....	79
3.15	Diseño de sistema fotovoltaico.....	80
3.15.1	Potencia del sistema fotovoltaico.....	81
3.15.2	Horas pico solares en el corregimiento del diamante.....	81

3.15.3 Consumo diario de la instalación	82
3.15.4 Cálculo de potencia fotovoltaica generada por los paneles.....	82
3.15.5 Microinversores	83
3.15.5.1 Elección de micro inversores	83
3.15.6 Selección y número de paneles solares	84
3.15.7 Tipo de panel fotovoltaico	85
3.15.8 Modo de conexión del micro inversor	85
3.15.9 Ubicación de los paneles.....	86
3.15.10 Protecciones	87
3.15.11 Sistema de puesta a tierra.....	88
3.16 Análisis de costos	88
Conclusiones:	91
BIBLIOGRAFIA.....	92
Anexos	95

Lista de figuras

1. Capítulo 1	18
2. Capítulo 2	23
Tabla 1. Código de colores para conductores eléctricos tomada de la tabla 13 artículo 12 del Retie. 29	
Tabla 2. Requisitos para electrodos de puesta a tierra tomada de tabla 22 del Retie.	30
Tabla 3. Índice UGR máximo, IRC mínimos admisibles y niveles de luminancia exigibles para diferentes áreas y actividades	34
Tabla 5. Datos técnicos de los proyectores FL PFM de la marca Ledvance.....	48
Tabla 6. Datos técnicos de los proyectores TR ZOOM DIM D28.....	49
Tabla 7. Niveles de iluminancia para los locales del templo	50
Tabla 8. Distribución de luminarias para cada área del templo parroquial	58
Tabla 9. Categorización de los proyectos de alumbrado público.....	60
Tabla 10. Cálculo de potencia total demandada por la iluminación y tomacorrientes	66
Tabla 11. Cuadro de cargas del tablero de distribución del templo	67
Tabla 12. Cuadro de cargas tablero principal.....	67
Tabla 13. Carga total de la instalación	68
Tabla 14. Límites de carga.....	68
Tabla 15. Servicio solicitado a la empresa prestadora de servicio CENS.....	68
Tabla 16. Factores de demanda máxima	69

Tabla 17.	Calculo para acometida.....	70
Tabla 18.	tipo de medidor para la instalación	70
Tabla 19.	límites de regulación de voltaje tomada de Norma CENS, capítulo 2, tabla 21.	71
Tabla 20.	cálculo de regulación de voltaje en la instalación.....	72
Tabla 21.	Límites de pérdidas de potencia.....	73
Tabla 22.	Cálculos de pérdidas de potencia para la instalación.....	73
Tabla 23.	Sección mínima de los conductores de tierra de equipos para canalizaciones y equipos	74
Tabla 24.	Calibres de conductores de puesta a tierra conectados al electrodo.....	75
Tabla 25.	Análisis de costos de la instalación eléctrica	90

Lista de figuras

1. Capítulo 1	18
2. Capítulo 2	23
Figura 1. Símbolos utilizados para la construcción de planos eléctricos	26
Figura 2. Tipos de conductores eléctricos. Figura tomada de área tecnológica conductores eléctricos.	27
Figura 3. Tipos de aislamientos eléctricos.....	28
Figura 4 Diagrama Isolux de una luminariaFuente: Diagrama isolux RETILAP	35
Figura 5. Unión p-n producido por la radiación solar.	40
Fuente:	40
Figura 6. Curva I-V de un módulo fotovoltaico	42
tomada de: www.energetika.com.ar	42
Figura 7. Ubicación geográfica de la edificación objeto de estudio.....	43
Figura 8. Templo en construcción del Diamante.....	45
Figura 9. Plano arquitectónico.....	45
Figura 10. Proyector Ledvancet.....	47
Figura 11. Proyector Ledvance.....	48
Figura 12. Interfaz Dialux evo.....	50
Figura 13. Ventana de herramientas para la construcción de las edificaciones en Dialux evo	51
Figura 14. Ventana para realizar la importación de luminarias, muebles e imágenes	51

Figura 15.. Construcción de la edificación.....	52
Figura 16. Construcción de la edificación en Dialux	53
Figura 17. Iluminación de baños	54
Figura 18. Resultados obtenidos en la simulación para los baños.....	54
Figura 19. Simulación de iluminación para el coro.....	55
Figura 20. Simulación de iluminación en sacristía.....	55
Figura 21. Simulación de iluminación en el área de circulación de personas y presbítero	57
Figura 22. iluminación de fachada	59
Figura 23. salidas de emergencia.....	61
Figura 25. resultados del diseño de iluminación de emergencia	63
Figura 26. Distribución de tomacorrientes dentro del templo	63
Figura 27. Disposición de tableros para la instalación eléctrica.....	64
Figura 28. Distribución de tomacorrientes en el templo parroquial	65
Figura 29. Ubicación del edificio objeto de estudio tomada de:	76
Figura 30. Componentes principales de protección contra descargas atmosféricas.....	77
Figura 31. resultados se la simulación sin protección contra descargas atmosféricas.....	77
Figura 32. Tipo y nivel de protección de pararrayos.....	78
Figura 32. protección que brinda el PDC 3.1	78
Figura 33. sistema fotovoltaico conectado a la red.....	80
Figura 34. Radiación promedio mensual en una superficie inclinada apuntada por el ecuador.....	81

Figura 35. Radiación promedio mensual en el corregimiento el Diamante a un ángulo de 7° tomada de: nasa.gov	82
Figura 36. Micro inversor de 1600W	83
Figura 37. Ficha técnica del microinversor	84
Figura 38. Panel monocristalino de 400 W	85
Figura 39. modo de conexión de los paneles al microinversor	86
Figura 40. Ubicación para los paneles solares.....	86
Figura 41. medidor bidireccional.....	87
Figura 42. Diagrama de conexión del sistema fotovoltaico	88

Anexos

Anexo A resultados obtenidos en DIALux evo de los locales deltempo	95
Anexo B ubicación de lámparas y resultados obtenidos para cada local	96
Anexo C Diagramas unifilares	113

Resumen

Este proyecto tiene como objetivos el diseño eléctrico y alumbrado del templo parroquial en construcción del corregimiento el Diamante de Norte de Santander junto con la implementación de un sistema solar fotovoltaico. Para ello, se recopiló la información de los requerimientos de circuitos e iluminación que se dispondrán para proceder con el diseño eléctrico y elección de luminarias con base en los reglamentos, leyes y normas que se exigen para toda nueva instalación eléctrica en Colombia. Para finalizar se calculó y se seleccionaron los equipos para el sistema fotovoltaico.

Para el desarrollo del proyecto se utilizaron diferentes softwares que se fueron implementando dependiendo de la fase del diseño que se estaba realizando. Partiendo de los requerimientos de la instalación, se realizaron los cálculos junto con la disposición y elección de las lámparas y luminarias a implementar en el templo dependiendo de lo estipulado por el RETILAP para este tipo de edificación con las respectivas simulaciones que garantizan el buen funcionamiento del diseño; posteriormente se diseñó toda la instalación eléctrica con los requerimientos y especificaciones que encontramos en la norma NTC 2050, CENS y RETIE para garantizar la protección de las personas dentro del recinto; para finalizar, se calculó la demanda máxima que necesita la iluminación para su funcionamiento y se procedió a realizar todos los cálculos pertinentes para el diseño del sistema solar fotovoltaico realizando una elección tentativa del número de todos los dispositivos que integran el sistema.

Abstract

This project aims at the electrical design and lighting of the parish church under construction of the Diamante corregimiento of Norte de Santander along with the implementation of a photovoltaic solar system. To do this, the information of the requirements of circuits and lighting that will be available to proceed with the electrical design and choice of luminaires based on the regulations, laws and standards that are required for any new electrical installation in Colombia was collected. Finally, the equipment for the photovoltaic system was calculated and selected.

For the development of the project, different softwares were used that were implemented depending on the phase of the design that was being carried out. Based on the requirements of the installation, the calculations were made together with the arrangement and choice of lamps and luminaires to be implemented in the temple depending on those stipulated by RETILAP for this type of building with the respective simulations that guarantee the proper functioning of the design; subsequently, the entire electrical installation was designed with the requirements and specifications found in the NTC 2050, CENS and RETIE standards to guarantee the protection of people inside the enclosure; Finally, the maximum demand that the lighting needs for its operation was calculated and all the pertinent calculations were made for the design of the photovoltaic solar system making a tentative choice of the number of all the devices that make up the system.

Introducción

El presente proyecto tiene como finalidad diseñar las instalaciones eléctricas del templo parroquial señor de la misericordia del corregimiento el Diamante municipio de Pamplonita Norte de Santander, para ello se implementarán los reglamentos RETIE, RETILAP junto las normas 2050 y CENS con la finalidad de obtener una instalación segura que proteja a todos los seres vivos que hagan uso de ella. Este trabajo consta de estudio, diseño de diagramas e iluminación, cuadro de cargas, disposición de circuitos y diseño tentativo de un sistema solar fotovoltaico con base al consumo de las cargas de iluminación. El diseño de iluminación se realiza en el programa DIALux evo; además se implementa un sistema de alumbrado de emergencia ya que la aglomeración de personas dentro del templo supera las 100 personas.

1. Capítulo 1

1.1 Planteamiento del problema

Desde hace siglos se comenzó a manipular y obtener beneficios de la energía eléctrica, gracias a ella se han obtenido diferentes avances tecnológicos que año tras año fueron mejorando hasta obtener la tecnología que utilizamos hoy en día. Sin embargo, personal no calificado sin los conocimientos necesarios en el área ha diseñado instalaciones eléctricas que no cumplen las normativas y reglamentos de cada país poniendo en riesgo su vida y la de los usuarios finales.

La parroquia del corregimiento del Diamante necesita un nuevo diseño eléctrico que cumpla con todos los requerimientos que exige la normativa y reglamentos colombianos (NTC 2050, CENS, LEY 1715 de 2014, RETIE y RETILAP). El diseño eléctrico debe incluir un sistema solar fotovoltaico conectado a la red que pueda abastecer la demanda de potencia requerida por la iluminación del templo; en caso que se presente una interrupción en el abastecimiento de energía del operador de red el sistema fotovoltaico deberá suplir la potencia necesaria para abastecer el alumbrado de emergencia. Dicho trabajo permitirá aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera en el área de instalaciones eléctricase iluminación y fuentes alternativas de energía.

1.2 Justificación

En el corregimiento el Diamante se está construyendo un nuevo templo parroquial que en su diseño dispone de una capacidad para 300 personas, sin embargo, esta capacidad puede llegar hasta las 500 personas debido a que en fechas religiosas importantes la comunidad hace un acompañamiento masivo más grande de lo habitual.

Con base en lo anterior, el templo requiere un diseño de las instalaciones eléctricas que garantice la seguridad de las personas, para ello, se debe aplicar la norma 2050, CENS y RETIE para este tipo de instalaciones. Para el diseño de la iluminación se aplicará RETILAP cumpliendo los niveles mínimos de luminancia mínimos requeridos para la instalación además se debe implementar un sistema de iluminación de emergencia debido a

que el número de personas dentro del templo puede ser mayor a 100. Para incentivar el uso de energías renovables, se diseñará un sistema solar fotovoltaico prototipo que funcione en conjunto con la energía que entrega el operador de red para abastecer toda la instalación. Conociendo todos los requerimientos que exige la instalación aceptamos realizar el diseño tanto de las instalaciones eléctricas e iluminación como del sistema fotovoltaico.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar las instalaciones eléctricas integrando energía solar fotovoltaica para el templo parroquial del corregimiento el Diamante

1.3.1 Objetivos específicos

- Definir los requerimientos y especificaciones que se dispondrán para cada zona del templo parroquial.
- Diseñar las instalaciones eléctricas del templo parroquial del corregimiento el diamante, con base en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) y la norma 2050.
- Proyectar el alumbrado general y de emergencia con base el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) junto con simulaciones.
- Plantear un sistema fotovoltaico conectado a la red para suministrar energía al templo.
- Elaborar análisis financiero del proyecto.

1.4 Antecedentes

1.4.1 Investigaciones internacionales

Baque (2019), en su trabajo titulado “Implementación de un sistema de iluminación mediante tiras flexibles LED con encapsulado SMD para la iglesia san Lorenzo de Jipijapa” concluyo que el sistema de iluminación que se aplicó en la iglesia San Lorenzo de Jipijapa es de gran beneficio ya que al desarrollar la implementación de las mangueras LEDs se dio un nuevo aspecto en el exterior de la iglesia y por otra parte también proporciona un ahorro considerable energético y económico.

Pinargote; Caicedo (2017), en su trabajo titulado “Diseño de un sistema luminotécnico y de ahorro energético con tecnología LED para la capilla cristo del consuelo del cantón Jipijapa” determinaron primeramente los materiales y dispositivos electrónicos que se ibana utilizar para el diseño del sistema luminotécnico. Finalmente estableció el funcionamiento del modelo técnico del sistema de iluminación mediante la aplicación de la tecnología Led para así poder brindar la iluminación la Capilla Cristo del Consuelo.

Palacios (2017), en su trabajo titulado “Manual de Iluminación e Instalaciones Eléctricas en Recintos Religiosos” establece que los recintos religiosos son de gran importancia para el patrimonio cultural del país. Particularmente, los recintos considerados monumentos históricos son el tema de estudio de este manual, cuyo propósito es contribuir a establecer las medidas prácticas para el diseño, selección, implementación, mantenimiento y operación de los sistemas eléctricos y de iluminación como partes integrales de los espacios citados.

1.4.2 Investigaciones nacionales

Espitia (2017), en su trabajo titulado “guía metodológica para la implementación de sistemas fotovoltaicos a pequeña escala en Colombia” concluye que la implantación de sistemas fotovoltaicos a pequeña escala, interconectada a la red eléctrica, requiere un pormenorizado análisis de una gran cantidad de diversos conceptos, como son energía consumida, irradiación solar, conexión de paneles, caída de tensión, inversión, gastos y tiempo de recuperación de la inversión, y esta metodología responde adecuadamente a las necesidades de este tipo de estudios.

Pacavita (2019) en su trabajo titulado “Plataforma de aprendizaje para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos a pequeña escala en Colombia” concluye que actualmente existen muchos tipos de métodos de diseños de instalaciones Fotovoltaicas y software capaz de hacerlo tan solo con introducir la Carga total del sistema, sin embargo, es de vital importancia tener un conocimiento claro de las partes relacionadas con este tipo de sistemas, ya que, con esto, el más mínimo error puede ser interpretado, evitando un mal diseño que pueda llegar a generar mayores gastos e incluso una falla grave en el sistema.

1.4.3 Investigaciones regionales

León (2017), en su trabajo titulado “Diseño de un sistema eléctrico de iluminación para la remodelación del hospital regional de Sangil con énfasis en cálculo, simulación y cumplimiento del reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP” realiza la selección de luminarias de acuerdo a los criterios establecidos por RETILAP, posteriormente realiza las simulaciones correspondientes en el programa DIALUX donde resalta “si bien el programa realiza todos los cálculos necesarios, es responsabilidad del diseñador interpretarlos.

Dávila (2020), en su trabajo “Diseño de un sistema de iluminación con energía fotovoltaica para el Instituto educativo María Montessori de la ciudad de Cúcuta” concluyó que el proyecto es totalmente autónomo y garantiza la generación de energía necesaria para la carga propuesta en el lapso de tiempo determinado bajo condiciones de normal funcionamiento, también su modelo y forma es totalmente adaptable a cualquier infraestructura similar para la que fue diseñada.

Contreras (2021), en su trabajo titulado “Diseño de un sistema eléctrico alimentado con energía solar fotovoltaica para la empresa GOG INGENIERIA ELECTRICA LTDA. de la ciudad de Cúcuta, norte de Santander” presenta un trabajo de grado orientado al diseño de un sistema eléctrico alimentado con energía solar fotovoltaica. Con el fin de que el lugar cuente con una adecuada instalación eléctrica cumpliendo con la normatividad vigente y garantice la seguridad y confiabilidad necesaria para el desarrollo de sus actividades.

1.5 Estructura de la tesis

En el capítulo 1 se presenta la descripción y justificación del proyecto para realizar el diseño de las instalaciones eléctricas para el templo parroquial.

Capítulo 2. Se realiza y presenta una recopilación de información bibliográfica relacionada con el tema tanto a nivel regional, nacional e internacional que permite abordar la temática del proyecto de una manera adecuada, comprendiendo los requerimientos para el diseño de

la instalación y aplicando la normativa.

Capítulo 3. Se presenta una teoría fundamental para poder comprender el problema y posteriormente abordarlo. Se realiza el levantamiento de los planos en DIALux y se inicia el diseño de iluminación, posteriormente se realizan todos los cálculos para el diseño eléctrico de la instalación implementando el reglamento Retie y norma CENS ya que es el proveedor de red de la zona, se realiza el diseño de instalaciones eléctricas, finalmente se calcula el sistema solar fotovoltaico.

2. Capítulo 2

2.1 Marco teórico

Desde hace décadas el diseño de instalaciones eléctricas e iluminación se rigen por normativas propias de cada país, dichas normativas buscan garantizar la seguridad de las personas y todos los seres vivos que hagan uso directa o indirectamente de la instalación.

La generación de la energía eléctrica en la actualidad busca nuevas fuentes de energía, la energía solar fotovoltaica ha venido creciendo en los últimos años, hoy en día es implementada en muchas instalaciones de uso residencial o comercial, también es utilizada para abastecer las redes eléctricas de cada operador.

Una de las principales características de un sistema fotovoltaico conectado a la red es que no necesita baterías para acumular los excedentes que se estén generando si no que los entrega directamente al operador de red.

La norma NTC fue emitida el 25 de noviembre de 1998 sin embargo en el año 2020 fue actualizada. Esta norma presenta una guía para diseñar y elaborar las instalaciones eléctricas basándose en aspectos técnicos que buscan la protección de las personas y seres vivos. Por otra parte, tenemos el reglamento técnico RETIE el cual “establece los requisitos que debe tener toda instalación eléctrica para asegurar la protección de las personas, de la vida animal y vegetal contra factores de origen eléctrico”.

Desde el primero de abril del año 2010 comenzó a regir el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público (RETILAP), Este reglamento “establece los requisitos y medidas que deben cumplir los sistemas de iluminación y alumbrado público”.

La Ley 1715 de 2014 tiene la finalidad de establecer el marco legal y los instrumentos para el aprovechamiento de las FNCE principalmente las de carácter renovable como la Solar y la Eólica.

2.1.1 Instalaciones eléctricas

El diseño de los circuitos de una instalación eléctrica tiene que ser efectuado por personal certificado en el área puede ser un técnico, tecnólogo o ingeniero. Dicho diseño de circuitos ramales tiene que ser realizado conforme a la normativa colombiana cumpliendo todos los requerimientos dispuestos por el RETIE y la norma 2050.

Los parámetros a cumplir dependen del diseño que se va a realizar y de las necesidades que este demandado el cliente dependiendo si es un diseño es pequeño, mediano o grande y del presupuesto económico con el que se disponga. La finalidad de cualquier diseño de instalaciones eléctrica es garantizar la seguridad de todos los seres vivos que transiten y hagan uso de la instalación. Los elementos esenciales para realizar el diseño son: lámparas, tomacorrientes, conductores aislados, tableros de distribución, interruptores, tubería de acero y PVC, breaker, cajas distribuidoras, etc.

2.1.2 Tipos de diseños eléctricos

Según el RETIE, dependiendo del diseño que se vaya a realizar, el profesional legalmente competente podrá realizar dos tipos de diseño dependiendo de la necesidad. Estos diseños son:

- Diseño detallado
- Diseño simplificado

2.1.3 Diseño detallado

Dependiendo del tipo de instalación y complejidad, para el diseño de instalaciones eléctricas se deben aplicar o cumplir los siguientes ítems:

- Cuadro de cargas
- Diagrama unifilar

- Diagrama trefilar
- Dibujo de planos
- Diseño de iluminación
- Cálculos de puesta a tierra
- Cálculos de corto circuito
- Cálculos de regulación
- Estudio de riesgos eléctricos y medidas de mitigación

2.1.4 Diseño simplificado

Un diseño simplificado debe realizarlo un profesional competente, aplica para instalaciones eléctricas de vivienda unifamiliar o bifamiliares y pequeños comercios cuya capacidad instalable debe estar dentro del rango de 7 kVA y 15 kVA, tensión no mayor a 240 V, entre los ítems más importantes a cumplir tenemos:

- Diseño de iluminación
- Diseño de puesta a tierra
- Cálculo de protecciones eléctricas
- Cálculo de canalizaciones
- Cálculos de regulación
- Diseño de diagramas unifilares y trefilares

2.1.5 Simbología para el diseño de planos

En la siguiente figura tomada de la tabla 8 del RETIE se presenta una simbología reglamentada para la construcción de planos eléctricos.

Figura 1. Símbolos utilizados para la construcción de planos eléctricos
tomada de la tabla 8 artículo 10 del Retie.

2.1.6 Diseño de circuitos ramales

Un circuito ramal se refiere a una línea de distribución de baja tensión que puede ser para circuito de iluminación, fuerza o dependiendo de la necesidad de la instalación. Se clasifican dependiendo de la corriente que va a circular por los conductores según el dispositivo de protección contra sobretensiones seleccionado. su clasificación depende de su complejidad eléctrica o diseño según el artículo 210-3 y 210-4 de la NTC 2050

2.1.7 Acometida

La acometida hace referencia al conductor que une desde el punto de conexión del operador de red pasando por el medidor conocido como registro del inmueble hasta llegar al tablero de protección del usuario. El tipo de acometida y número quedan a disposición del profesional encargado del diseño.

2.1.7 Conductores

Es un cable o alambre construido por material conductor-semiconductor y dieléctrico que sirve para transportar la energía eléctrica ya que ofrece poca resistencia a la carga eléctrica, su uso depende de las cargas que se vayan a alimentar y los criterios de elección depende de los cálculos realizados por el profesional experto en el área.

La norma NTC 2050 en su artículo 110-5, indica que dependiendo del presupuesto que se disponga para el diseño de la instalación, el profesional puede implementar conductores de cobre o aluminio; dichos conductores pueden estar constituidos por un solo hilo conocido como alambre o estar constituido por multihilos conocido como cable. Dicha constitución de conductores se presenta en la siguiente figura:



Figura 2. Tipos de conductores eléctricos. Figura tomada de área tecnológica conductores eléctricos.

Para la elección de los calibres de los conductores a implementar en el diseño que se esté realizando, nos debemos remitir al artículo 110-6 de la NTC 2050 donde se muestran los

conductores normalizados AWG y KCMIL.

2.1.8 Aislamiento de conductores eléctricos

El aislamiento o material dieléctrico es el envolvente del conductor y tiene como objetivo impedir el paso de la corriente al exterior. Además, deben soportar la temperatura de los conductores y del lugar donde sea implementado el diseño, usualmente estos aislamientos son fabricados de teflón, nilón, caucho y derivados del petróleo. Entre los tipos de aislamientos podemos mencionar: THW, THHW, THWN, THHN, THWN, XLPE, entre otro. En la siguiente figura se pueden apreciar diferentes tipos de aislamiento.

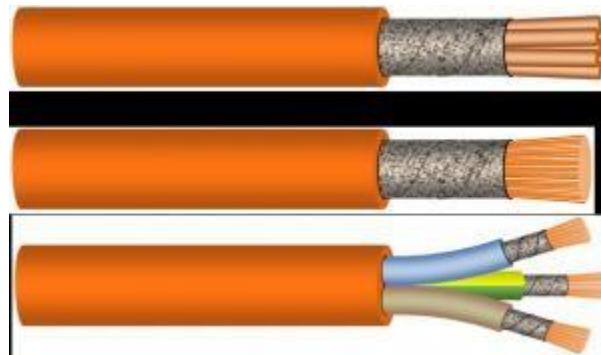


Figura 3. Tipos de aislamientos eléctricos

tomada de: <https://rte.mx/>

Los conductores según el diseño eléctrico en el que se vayan a implementar se deben clasificar por código de colores. Si no se tienen los diferentes colores para realizar la instalación eléctrica se puede utilizar el color que se tenga a disposición marcando con cinta de vinilo todas las partes visibles del conductor con el color que corresponda para que de esta manera cualquier trabajador experto en el área que vaya a realizar una expansión de la instalación o mantenimiento de la misma pueda identificar las fases tierra y neutro sin ningún problema. Todos los conductores tienen una vida útil y su grado de deterioración depende de la condición del lugar donde se ha realizado la instalación.

SISTEMA	1ϕ	1ϕ	3ϕY	3$\phi$$\Delta$	3$\phi$$\Delta$-	3ϕY	3$\phi$$\Delta$
TENSIONES NOMINALES	120 V	240 /120V	208 /120V	240V	240/208 /120V	480 /277V	480V
CONDUCTORES ACTIVOS	1 fase 2 hilos	2 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos
FASES	Negro	Negro Rojo	Amarillo Azul Rojo	Negro Azul Rojo	Negro Naranja Azul	Café Naranja Amarillo	Café Naranja Amarillo
NEUTRO	Blanco	Blanco	Blanco	No Aplica	Blanco	Gris	No Aplica
TIERRA DE PROTECCIÓN	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde
TIERRA AISLADA	Verde amarillo	Verde amarillo	Verde amarillo	No aplica	Verde amarillo	No aplica	No aplica

Tabla 1. Código de colores para conductores eléctricos tomada de la tabla 13 artículo 12 del Retie.

2.1.9 Puesta a tierra

El artículo 15 del reglamento RETIE dispone que a toda instalación eléctrica se le debe implementar un sistema de puesta a tierra para evitar tensiones de paso y contacto además de proteger todos los equipos que se estén alimentando de la instalación contra las descargas atmosféricas, así como a todas las personas garantizando umbrales de tensión que el cuerpo humano pueda soportar cuando ocurre una falla.

Los materiales que se vayan a utilizar para el sistema de puesta a tierra deben tener características de resistencia ante la corrosión y deben durar por lo menos 10 años, además

de que deben pasar pruebas de laboratorio. Para efectuar la instalación del STP se debe realizar un estudio de suelo para garantizar el correcto despeje y conducción de las descargas atmosféricas y disipación de cualquier falla para así garantizar la seguridad de los seres vivos y equipos de la instalación eléctrica.

En la tabla 22 del RETIE se presentan las especificaciones que se deben cumplir para el uso de varillas de cobre puro y sales minerales conductores.

TIPO DE ELECTRODO	MATERIALES	DIMENSIONES MÍNIMAS			
		Diámetro mm	Área mm ²	Espesor mm	Recubrimiento µm
Varilla	Cobre	12,7			
	Aleaciones de cobre	12,7			
	Acero inoxidable	15			
	Acero galvanizado en caliente	16			70
	Acero con recubrimiento electrodepositado de cobre	14			250
	Acero con recubrimiento total en cobre	15			2000
Tubo	Cobre	20		2	
	Acero inoxidable	25		2	
	Acero galvanizado en caliente	25		2	55
Fleje o cinta sólida	Cobre		50	2	
	Acero inoxidable		100	3	
	Cobre cincado		50	2	40
Cable trenzado	Cobre o cobre estañado	1,8 para cada hilo	50		
	Acero galvanizado en caliente	1,8 para cada hilo	70		
Alambre redondo	Cobre	8	50		
	Acero galvanizado	10	78,5		70
	Acero inoxidable	10			
	Acero recubierto de cobre	10			250
Placa sólida	Cobre		250000	1,5	
	Acero inoxidable		360000	6	

Tabla 2. Requisitos para electrodos de puesta a tierra tomada de tabla 22 del Retie.

2.1.10 Medidor de energía eléctrica

Es el elemento encargado de llevar el registro del consumo de energía eléctrica del usuario. El medidor puede ser electrónico o electromecánico.

Estos dispositivos cuentan con un certificado de calidad para garantizar una buena precisión en su medición además de contar con sellos que solo pueden ser manipulados por personal calificado; Su interior está constituido por bobinas y un disco de material conductor giratorio que varía su velocidad dependiendo del consumo de energía del usuario, registrando su consumo.

2.1.11 Disposición de tomacorrientes e iluminación

Toda instalación eléctrica residencial o industrial dispone de salidas para iluminación y tomacorrientes. La disposición de los elementos de iluminación dependen del área a iluminar y uso que se le dará, se deben cumplir los niveles de iluminación establecidos por el RETILAP; para la distribución de tomacorrientes se debe tener en cuenta lo estipulado en el artículo 210-52 inciso a de la norma NTC 2050 donde nos indican todas las distancias mínimas entre tomacorrientes y alturas sobre el nivel del piso a la que serán instalados los tomacorrientes para tener una correcta distribución en la instalación.

2.2 Diseño de Iluminación

Las instalaciones de iluminación son todos aquellos circuitos eléctricos que se emplean para iluminar interiores o exteriores de bienes ya sean de uso público o privado, dichas instalaciones se componen de alimentación, fuentes luminosas, luminarias y dispositivos de control. La finalidad de todo diseño e implementación de iluminación que se realice en Colombia es garantizar que se cumplan los niveles de iluminancia promedio que dispone el RETILAP, para cumplir los requerimientos establecidos por el reglamento se deben analizar los diferentes factores que impiden una buena distribución luminosa dentro de la edificación que se le está efectuando el diseño.

Los primeros parámetros que se deben conocer para realizar el diseño de iluminación de cualquier edificación son las dimensiones del local, ancho, alto disposición de las paredes y techos ya que estos parámetros son de vital importancia para establecer el tipo de luminaria

a utilizar y su disposición. Por otra parte, tenemos el tipo de recinto y actividad que se va a llevar a cabo, después de conocer el tipo de área y el servicio que se va a prestar podemos recurrir a la tabla de iluminancia promedio que se debe garantizar en área según el RETILAP, dichos valores de luminancia se muestran a continuación:

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	UGR _L	NIVELES DE ILUMINANCIA(Lx)		
		Mínimo	Medio	Máximo
Áreas generales en las edificaciones				
Áreas de circulación, corredores	28	50	100	150
Escaleras, escaleras mecánicas	25	100	150	200
Vestidores, baños.	25	100	150	200
Almacenes, bodegas.	25	100	150	200
Talleres de ensamble				
Trabajo pesado, montaje de maquinaria pesada	25	200	300	500
Trabajo intermedio, ensamble de motores, ensamble de carrocerías de	22	300	500	750
Trabajo fino, ensamble de maquinaria electrónica y de oficina	19	500	750	1000
Trabajo muy fino, ensamble de instrumentos	16	1000	1500	2000
Procesos químicos				
Procesos automáticos	--	50	100	150
Plantas de producción que requieren intervención ocasional	28	100	150	200
Áreas generales en el interior de las fábricas	25	200	300	500
Cuartos de control, laboratorios.	19	300	500	750
Industria farmacéutica	22	300	500	750
Inspección	19	500	750	1000
Balanceo de colores	16	750	1000	1500
Fabricación de llantas de caucho	22	300	500	750
Fábricas de confecciones				
Costura	22	500	750	1000
Inspección	16	750	1000	1500
Prensado	22	300	500	750
Industria eléctrica				
Fabricación de cables	25	200	300	500
Ensamble de aparatos telefónicos	19	300	500	750
Ensamble de devanados	19	500	750	1000
Ensamble de aparatos receptores de radio y TV	19	750	1000	1500
Ensamble de elementos de ultra precisión componentes electrónicos	16	1000	1500	2000
Industria alimenticia				
Áreas generales de trabajo	25	200	300	500
Procesos automáticos	--	150	200	300
Decoración manual, inspección	16	300	500	750
Fundición				
Pozos de fundición	25	150	200	300
Moldeado basto, elaboración basta de machos	25	200	300	500
Moldeo fino, elaboración de machos, inspección	22	300	500	750
Trabajo en vidrio y cerámica				
Zona de hornos	25	100	150	200
Recintos de mezcla, moldeo, conformado y estufas	25	200	300	500
Terminado, esmaltado, envidriado	19	300	500	750
Pintura y decoración	16	500	750	1000
Afilado, lentes y cristalería, trabajo fino	19	750	1000	1500

Trabajo en hierro y acero				
Plantas de producción que no requieren intervención manual	-	50	100	150
Plantas de producción que requieren intervención ocasional	28	100	150	250
Puestos de trabajo permanentes en plantas de producción	25	200	300	500
Plataformas de control e inspección	22	300	500	750
Industria del cuero				
Áreas generales de trabajo	25	200	300	500
Prensado, corte, costura y producción de calzado	22	500	750	1000
Clasificación, adaptación y control de calidad	19	750	1000	1500
Taller de mecánica y de ajuste				
Trabajo ocasional	25	150	200	300
Trabajo basto en banca y maquinado, soldadura	22	200	300	500
Maquinado y trabajo de media precisión en banco, máquinas generalmente automáticas	22	300	500	750
Maquinado y trabajo fino en banco, máquinas automáticas finas, inspección y ensayos	19	500	750	1000
Trabajo muy fino, calibración e inspección de partes pequeñas muy complejas	9	1000	1500	2000
Talleres de pintura y casetas de rociado				
Inmersión, rociado basto	25	200	300	500
Pintura ordinaria, rociado y terminado	22	300	500	750
Pintura fina, rociado y terminado	19	500	750	1000
Retoque y balanceo de colores	16	750	1000	1500
Fábricas de papel				
Elaboración de papel y cartón	25	200	300	500
Procesos automáticos	--	150	200	300
Inspección y clasificación	22	300	500	750
Trabajos de impresión y encuadernación de libros				
Recintos con máquinas de impresión	19	300	500	750
Cuartos de composición y lecturas de prueba	19	500	750	1000
Pruebas de precisión, retoque y grabado	16	750	1000	1500
Reproducción del color e impresión	19	1000	1500	2000
Grabado con acero y cobre	16	1500	2000	3000
Encuadernación	22	300	500	750
Decoración y estampado	19	500	750	1000
Industria textil				
Rompimiento de la paca, cardado, hilado	25	200	300	500
Giro, embobinado, enrollamiento peinado, tintura	22	300	500	750
Balanceo, rotación (conteos finos) entretejido, tejido	22	500	750	1000
Costura, desmonte o inspección	19	750	1000	1500
Talleres de madera y fábricas de muebles				
Aserraderos	25	150	200	300
Trabajo en banco y montaje	25	200	300	500
Maquinado de madera	19	300	500	750
Terminado e inspección final	19	500	750	1000
Oficinas				
Oficinas de tipo general, mecanografía y computación	19	300	500	750
Oficinas abiertas	19	500	750	1000
Oficinas de dibujo	16	500	750	1000
Salas de conferencia	19	300	500	750
Centros de atención médica				
Salas				
Iluminación general	22	50	100	150
Examen	19	200	300	500
Lectura	16	150	200	300
Circulación nocturna	22	3	5	10

Salas de examen				
Iluminación general	19	300	500	750
Inspección local	19	750	1000	1500
Terapia intensiva				
Cabecera de la cama	19	30	50	100
Observación	19	200	300	500
Estación de enfermería	19	200	300	500
Salas de operación				
Iluminación general	19	500	750	1000
Iluminación local	19	10000	30000	100000
Salas de autopsia				
Iluminación general	19	500	750	1000
Iluminación local	--	5000	10000	15000
Consultorios				
Iluminación general	19	300	500	750
Iluminación local	19	500	750	1000
Farmacia y laboratorios				
Iluminación general	19	300	400	750
Iluminación local	19	500	750	1000
Almacenes				
Iluminación general:	19	500	750	1000
En grandes centros comerciales	22	300	500	750
Ubicados en cualquier parte	19	500	750	1000
Supermercados				
Colegios y centros educativos.				
Salones de clase	19	300	500	750
Iluminación general	19	300	500	750
Tableros	16	500	750	1000
Elaboración de planos	22	300	500	750
Salas de conferencias				
Iluminación general	19	500	750	1000
Tableros	19	500	750	1000
Bancos de demostración	19	300	500	750
Laboratorios	19	300	500	750
Salas de arte	19	300	500	750
Talleres	22	150	200	300
Salas de asamblea				

Tabla 3. Índice UGR máximo, IRC mínimos admisibles y niveles de luminancia exigibles para diferentes áreas y actividades tomada de la tabla 410.1 Retilap, para UGR, Norma UNE EN 12464-1 de 2003

2.2.1 Lámparas y luminarias

Dependiendo de la elección del conjunto de lámpara-luminaria se puede cumplir los niveles de iluminancia o no. Por esta razón, es importante tener en cuenta las características de la lámpara o bombilla tales como el flujo luminoso, potencia que demanda, tipo de montaje en el cual se va a implementar y diagrama de distribución luminosa, este último parámetro lo podemos encontrar en la ficha técnica que ofrece el fabricante.

2.2.2 Disposición de luminarias

Es de vital importancia que en cualquier diseño de iluminación se especifique la ubicación y tipo de montaje en el que deben ser instaladas las luminarias dependiendo de las simulaciones que haya realizado el experto en el área ya que de no instalar las luminarias acorde a la disposición del diseñador, no se garantizarán los niveles de luminancia establecidos por la norma; para ello se tienen que incluir en el informe final los distanciamientos entre luminarias y la distancia entre luminarias y muros o paredes.

2.2.3 Matriz de intensidades

Es el principal documento fotométrico de cualquier luminaria y muestra la información de distribución de la intensidad lumínica.

2.2.4 Diagrama isolux

Según el RETILAP el diagrama isolux “es la representación a escala de los diferentes valores de niveles lumínicos que se alcanzan sobre un plano de trabajo, depende de la altura de la fuente de luz y su ángulo. Permite realizar cálculos gráficos”.

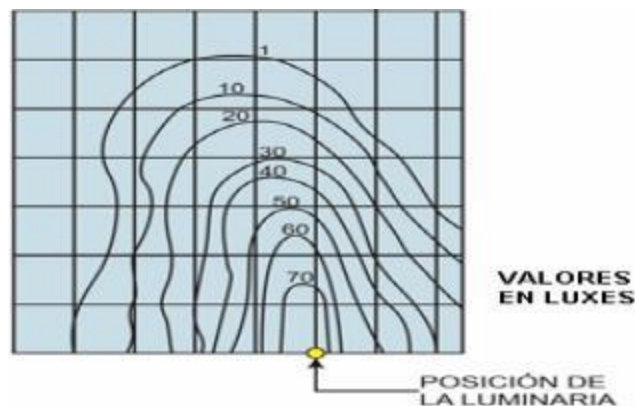


Figura 4 Diagrama Isolux de una luminariaFuente: Diagrama isolux
RETILAP

2.2.5 Diagrama polar de intensidad luminosa

Corresponde a uno o varios planos C específicos en un diagrama isocandela. En el modelo CIE, los planos utilizados para conformar diagramas polares son: el que queda justo al frente y atrás de la luminaria (planos C=90o y 270o respectivamente) y el que contiene el valor de la máxima intensidad.

2.2.6 Duración o vida útil de la fuente lumínica

Uno de los factores a tener en cuenta en todo proyecto de iluminación es la vida útil de la fuente, por lo que el fabricante debe suministrar la información sobre el particular.

2.2.7 Iluminancia promedio

Su medida está dada en Lx y hace referencia al valor de iluminancia que se debe garantizar en la edificación a la cual se le esté efectuando el diseño, es el objetivo del diseño ya que se debe cumplir que este valor este entre en el rango establecido por el RETILAP.

2.2.8 Selección conjunto lámpara-luminaria

En este apartado se debe elegir el tipo fuentes luminosas que se utilizará dependiendo la información recopilada en el inciso de análisis del proyecto. Los parámetros que se deben tener en cuenta para realizar dicha elección son:

- Flujo luminoso
- Potencia eléctrica
- Eficiencia
- Duración y vida útil
- Temperatura del color

Además, para realizar la elección del tipo de luminarias se tiene en cuenta la geometría del lugar y el presupuesto disponible para el proyecto.

2.3 Unidades fotométricas

2.3.1 Flujo luminoso

El flujo luminoso es la cantidad de luz visible producido por una lámpara o luminaria que el ojo humano puede apreciar a diferentes longitudes de onda, su unidad de medida son los lúmenes.

2.3.2 Intensidad luminosa

Se puede decir que la intensidad luminosa es una parte del flujo luminoso que incide sobre los objetos que hay alrededor de la fuente de luz, depende de la ubicación de la fuente luminosa y de su ángulo de apertura.

2.3.3 Factor de mantenimiento (FM)

Es la relación de la iluminancia promedio en el plano de trabajo después de que la instalación se ha efectuado y ha transcurrido un tiempo de su uso y la iluminancia promedio obtenida en el diseño antes de comenzar a hacer uso de la instalación. Todo diseño de un sistema de iluminación debe considerar el factor de mantenimiento para asegurar los niveles de iluminancia establecidos por el RETILAP. El FM se calcula de la siguiente manera:

$$FM = FE * DLB * Fb$$

Donde:

FM: Factor de mantenimiento

FE: Depreciación de luminancia por suciedad

DLB: Depreciación por disminución del flujo luminoso de la bombilla

Fb: Factor de balasto

Para facilidad en los cálculos y diseño también se puede recurrir a una de las tablas otorgadas por la CIE (“Comisión Internacional de iluminación”) para escoger el FM, donde a partir del tipo de iluminación, tipo de luminaria, condiciones medioambientales presentes en la edificación o sistema de iluminación podremos saber el valor.

2.4 Iluminación de emergencia

para edificaciones de más de 5 pisos o lugares donde se tenga una concentración mayor a 100 personas a determinada hora de la noche se debe instalar un sistema de alumbrado de emergencia de tal manera que si el alumbrado general presenta una falla la iluminación de emergencia pueda entrar en servicio de manera que todas las personas en el lugar puedan desalojarlo sin ningún problema, dicho sistema debe ser independiente de la alimentación que abastece el alumbrado general y debe garantizar un abastecimiento de 1 hora tras ocurrida la falla.

2.5 Dialux evo

DIALux evo es un software gratuito que se utiliza para realizar diseños y cálculos de una manera fácil y profesional, allí se pueden efectuar diseños de cualquier tipo desde simples hasta completos. Ofrece diseño de interiores y exteriores además cuenta con un gran número de catálogos de proveedores de luminarias permitiendo elegir entre un gran número de posibilidades para poder satisfacer las necesidades del cliente. Disponible en 25 idiomas diferentes (Iluminet, 2018).

Además, el software es compatible con otros programas como Autocad lo cual permite la importación de archivos DWG con diseños arquitectónicos para realizar un diseño de iluminación profesional. Permite levantar edificios completos, crear texturas e importar archivos de objetos 3D para crear escenas realistas.

2.6 Sistema fotovoltaico conectado a la red

2.6.1 Radiación

Es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol, estas radiaciones son reflejadas, dispersadas y absorbidas por los distintos elementos que constituyen la atmósfera. La radiación solar que tiene una longitud de onda entre 0.29 y 2.5 μm es aquella que sufre dispersión y absorción.

2.6.2 Horas pico solares

Se puede definir como la capacidad de absorción de la energía solar disponible en la que los paneles pueden entregar energía a los equipos consumidores o tiempo en el cual recibimos una radiación constante del sol.

2.6.3 Célula fotovoltaica

Son dispositivos eléctricos cuya función consiste en transformar la energía lumínica en energía eléctrica. El tipo de célula fotovoltaica más común es la de silicio cristalino del cual se desprende el silicio policristalino (multi-Si) el cual consiste en un conjunto de muchos cristales pequeños y silicio monocristalino (mono-Si) el cual consiste en un único cristal. El punto de conductividad eléctrica se ubica en el centro entre los aislantes y el material conductor.

2.6.4 Efecto fotovoltaico

comúnmente conocido como efecto fotoeléctrico se distingue por la generación de corriente eléctrica entre dos elementos de material distintos que entran en contacto.

El primer material es la celda solar (silicio o en su defecto cualquier material semiconductor) quien absorbe los fotones emitidos por el sol (segundo material). El fotón que absorbe la celda inmediatamente libera un electrón que se encuentra en el interior. La celda es conectada a través de sus extremos por un cable eléctrico y de esta manera se produce la corriente eléctrica.

2.6.5 Unión p-n

Siempre que se une un material tipo P con uno tipo N se produce un flujo de electrones que viajan desde el material semiconductor tipo N al tipo P, los huecos que se generan en el material tipo P viajan al tipo N. Este intercambio se produce como consecuencia del gradiente de concentración de portadores.

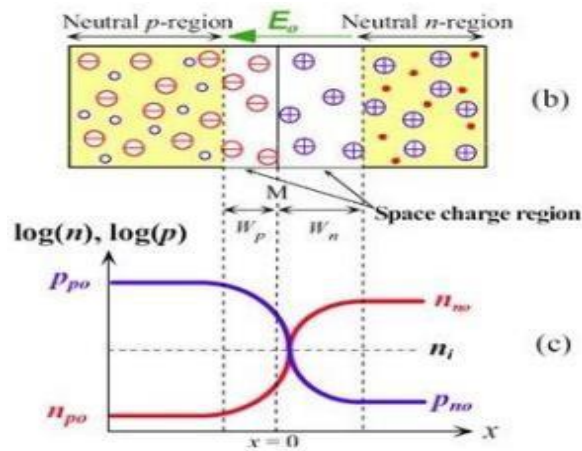


Figura 5. Unión p-n producido por la radiación solar.

Fuente: <http://lumperlux.com/innovacion/union-p-n/>

2.6.6 Módulos fotovoltaicos

Un módulo fotovoltaico es aquel donde se hacen arreglos de células bien sea en serie o en paralelo hasta obtener los voltajes y corrientes necesarios para el abastecimiento de la instalación eléctrica. Tan pronto se obtienen estos arreglos en algunas ocasiones se les hace un encapsulado para protegerlos de la intemperie.

2.6.6.1 Parámetros y características:

2.6.6.1.1 Corriente de cortocircuito (I_{sh})

Se produce cuando la impedancia es casi cero (cortocircuito), se puede calcular cuando el voltaje en el panel PV es 0 V, esta corriente ocurre cuando se polariza la célula mediante la irradiación solar ya que en ese momento es cuando se produce una alta excitación de electrones en la estructura interna.

2.6.6.1.2 Voltaje de circuito abierto (V_{oc})

El voltaje de circuito abierto se presenta cuando a través del panel no existe circulación de corriente; es decir, no existe carga conectada a la salida del sistema fotovoltaico. El voltaje V_{oc} se puede conocer en el cuadrante de potencia (I, V) como el voltaje máximo.

2.6.6.1.3 Potencia máxima

La potencia máxima ocurre entre los puntos de (I-V) de la curva característica del módulo fotovoltaico, cuando tanto el voltaje como la corriente tienen un valor máximo conocidos como VMP y IMP, respectivamente.

2.6.6.1.4 Inclinación y orientación

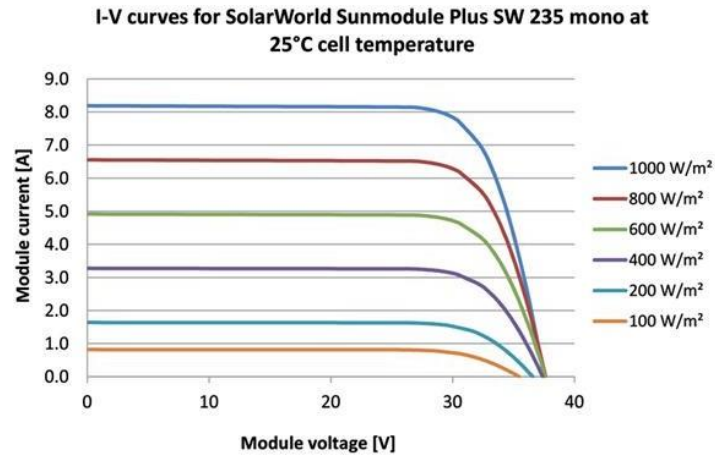
Los módulos fotovoltaicos se instalan con un determinado grado de inclinación con el fin de coleccionar la mayor cantidad de radiación solar. Para obtener una colecta optima de energía, el recomendado que modulo este inclinado en el mismo ángulo que el ángulo de latitud de la zona; teniendo en cuenta que los estándares indican que para drenar fácilmente el agua lluvia que cae sobre los paneles, estos deberían tener un grado mínimo de inclinación de 15°

Se debe tener en cuenta que los módulos fotovoltaicos se deben orientar de acuerdo a la zona donde se vayan a implementar de tal manera que, si los módulos se instalan en la zonanorte del planeta, los paneles deberán ser orientados hacia el sur, y si los módulos se instalan en el sur, deben ser orientados hacia el norte.

2.6.7 Curvas características:

Para obtener información del módulo fotovoltaico se debe estudiar su relación de corriente-voltaje (I-V).

Para realizar un adecuado diseño instalación evaluación de sistemas fotovoltaicos para cualquier aplicación se debe evaluar la temperatura que puede alcanzar la celda y las cargas eléctricas ya que estos dos parámetros interfieren en el comportamiento de la curva I-V.



Curva i-V de un panel fotovoltaico monocristalino SOLARWORLD SW235 – 24 V. – 235 Wp

Figura 6. Curva I-V de un módulo fotovoltaico
tomada de: www.energetika.com.ar

capitulo 3

Ubicación geográfica

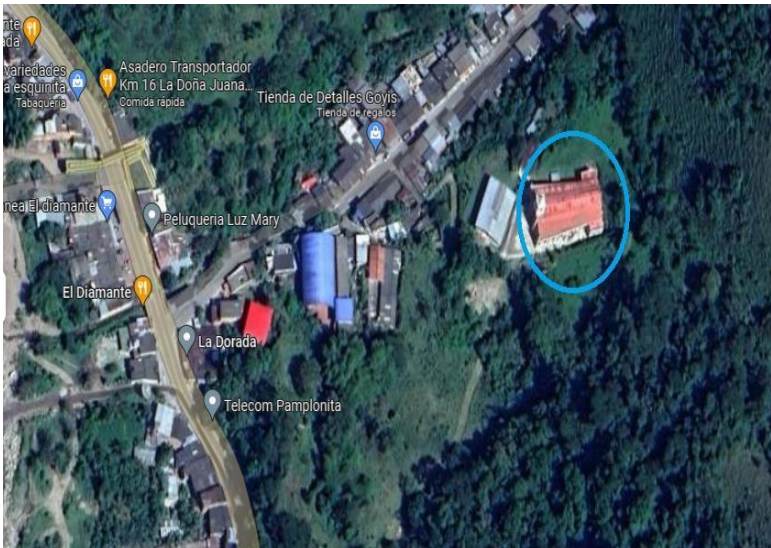


Figura 7. Ubicación geográfica de la edificación objeto de estudio
tomada de Google maps

La edificación objeto de este proyecto está ubicada en norte de Santander.

2.6.8 Localización del proyecto

Localización del proyecto	
Nombre	Parroquia señor de la misericordia
Dirección	Corregimiento el diamante
Municipio	Pamplonita
Departamento	Norte se Santander
Operador de red	CENS grupo EPM

3.1.2 operador de red

El suministro de energía eléctrica se solicitará a la empresa CENS grupo epm con una tensión de suministro de 220 VAC a una frecuencia nominal de 60 Hz según el sistema americano.

2.7Diseño de las instalaciones eléctricas del templo parroquial el diamante norte de Santander

2.7.1 Visita para el templo parroquial del corregimiento el Diamante

Se realiza visita al templo parroquial en construcción del municipio el diamante para evidenciar el avance de la obra y establecer los requerimientos para la instalación eléctrica, en dicha construcción ya se realizó el levantamiento de columnas y paredes, motivo por el cual el ingeniero encargado de la obra junto con el maestro realizaron la distribución de tuberías por todo el recinto y ubicaron el tablero de distribución eléctrica del templo junto con la ubicación de posibles salidas sobre las que se realizara el diseño. El motivo de la distribución de las tuberías y posibles salidas eléctricas sin tener en cuenta un diseño eléctrico realizado por un profesional en el área, es la necesidad de seguir avanzando con la obra ya que en su momento no contaban con un profesional en el área.





Figura 8. Templo en construcción del Diamante.

2.7.2 Levantamiento de planos arquitectónicos

Transcurrida la reunión con el párroco y las personas encargadas de la obra y antes de iniciar con el diseño de iluminación, se hace necesario realizar el levantamiento de los planos arquitectónicos del espacio al cual se va a realizar el diseño, dichos planos fueron realizados en el software AUTOCAD. En este proyecto se levantaron los planos arquitectónicos de una edificación que actualmente es estrato 4 el área total con la que cuenta la parroquia es de 10140.42 m² y con un área construida de 769.00 m². En dichos planos se puede identificar las medidas para cada espacio y su geometría además de diferentes vistas para mayor comprensión de la edificación.

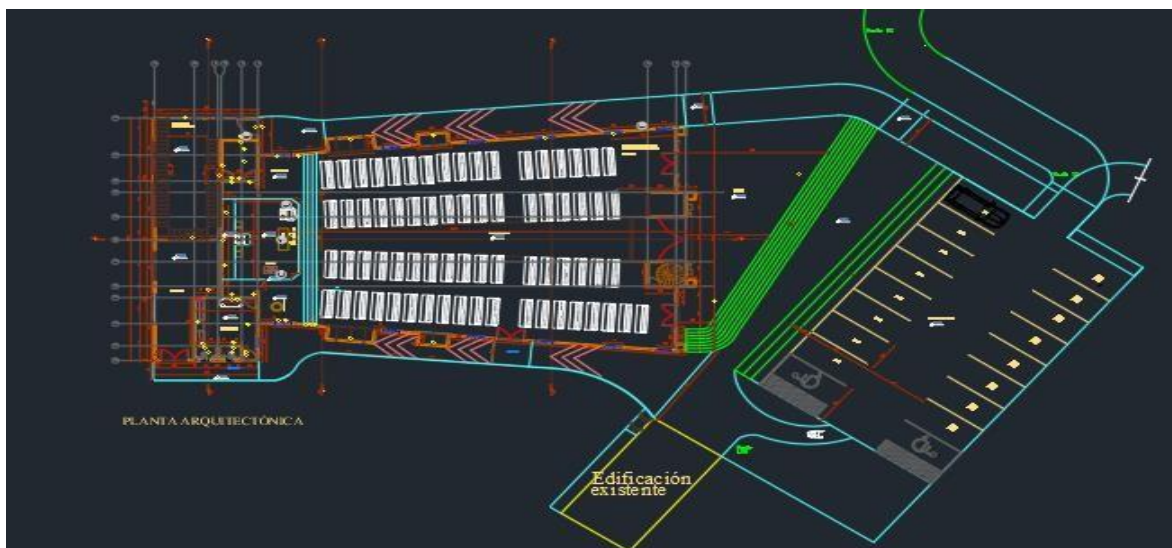


Figura 9. Plano arquitectónico

El interior de la iglesia se compone por diferentes locales los cuales se mencionan a continuación: 2 baños, 1 sacristía, 1 bodega, 1 reteros, en la parte frontal de la iglesia se tienen 4 plantas distribuidas para el campanario, coro de la iglesia y 1 escalera que conecta las 4 plantas. En la zona principal donde se realizarán las ceremonias eucarísticas se efectuará un diseño de iluminación tanto general como localizada para obtener una mejor distribución de la iluminación donde los asistentes a la celebración eucarística tengan una buena visualización de la arquitectura y esculturas de la iglesia.

En los exteriores de la iglesia encontramos un parqueadero y una zona de tránsito de personas para los cuales también se realizará el diseño de iluminación.

2.7.3 Categorización del proyecto

Con el presente proyecto se desea proyectar la iluminación interior para el templo parroquial. Para ello, se debe tener en cuenta los requisitos de iluminancia, uniformidad y índice de deslumbramiento.

2.7.4 Selección de luminarias

Para realizar la selección de las luminarias se deben tener en cuenta aspectos tales como especificaciones de lugar, texturas, disponibilidad de insumos, limitaciones económicas.

Para este proyecto se seleccionaron las lámparas y luminarias teniendo en cuenta criterios económicos, fácil acceso en el mercado. Lo más factible es utilizar proyectores LED en el interior, esto debido a la infraestructura ya que no permite colocar lámparas de empotrar o sobreponer. A continuación, se describen cada una de ellos:

2.7.5 Especificaciones de equipos a utilizar

Para toda la instalación se determinó el uso de iluminación LED debido a que tiene una vida útil mucho mayor que la bombilla tradicional, además ofrece eficiencia energética y

ahorro en costos, su factor de mantenimiento es muy bajo debido a que su vida útil esta entre 30.000 y 35.000hr.

2.7.6 Proyectores FLOODLIGHT FEN 3

Producto Ledvance los cuales tienen las siguientes características:

- Tecnología led
- Iluminación segura y uniforme
- Luminoso, robusto y duradero
- Ahorro energético hasta de 90% en comparación con proyectores halógenos
- Orientabilidad direccional
- Distribución de luz simétrica basada en reflector con ángulo de apertura de 100° x 100°
- Driver con amplia tensión de entrada, adecuado para 100 - 277 VAC
- Protección contra sobretensiones: hasta 4 kV (L / N-PE), 2 kV (L-N)
- Soporte de montaje con ángulo de 30° y área de rotación amplia



Figura 10. Proyector Ledvancet

Fuente: Ledvance

Nombre	Potencia	Tensión de entrada	Flujo luminoso	Temperatura de color
FL PFM	50 W	100-227 V	5500l lm	3000°K
FL PFM	80 W	100-227 V	8800 lm	3000°K

Tabla 4. Datos técnicos de los proyectores FL PFM de la marca Ledvance

2.7.6.1 Proyector TR SP ZOOM DIM D85 25 W 3000 K 97R BK

2.7.6.1.1 Características:

- Luminaria de carril trifásico Tracklight con focos regulables con lentes de zoom mecánico
- Adaptador trifásico incluido compatible con carriles comunes (GLOBAL, EUTRAC, POWERGEAR, STAFF, NORLUX, NUCO, NORDIC)
- Alta atención a los objetos iluminados gracias a un diseño reducido
- Bajo flickering gracias a un mecanismo de control electrónico especial
- 5 años de garantía



Figura 11. Proyector Ledvance

Nombre	Potencia	Tensión de entrada	Flujo luminoso	Temperatura de color
TR SP ZOOM DIM D85	25 V	120- 240 V	1500 lm	3000 K

Tabla 5. Datos técnicos de los proyectores TR ZOOM DIM D28

2.7.7 Norma técnica a implementar para cualquier tipo de iluminación en Colombia

Para realizar un proyecto de iluminación óptimo es necesario implementar es necesario cumplir la normativa Colombia, para ello se debe cumplir lo estipulado en el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP.

2.7.8 Niveles de iluminancia para cada área y actividad

De acuerdo con la normativa RETILAP luminancia se define como: “Densidad del flujo luminoso que incide sobre una superficie. La unidad de iluminancia es el lux (lx)”

Para el diseño de iluminación de iglesias no se encuentran referencias de iluminancia requeridas para cada zona en el RETILAP ni en ninguna norma o reglamento internacional por lo que se trabaja el diseño de iluminación para la iglesia de manera similar a como se trabaja un auditorio ya que las actividades a realizar son similares sin embargo los niveles de luminancia quedan a cargo del diseñador ya que la iluminación artificial en este tipo de recintos no es muy alta.

Los niveles de iluminancia estipulados para este recinto serán los siguientes:

Área	Rango de nivel de luminancia (Lx)
Baños y escaleras	150 - 200
Bodega y resteros	150 - 200

Sacristía	200 - 300
Circulación de personas	50-150
Presbitero	Criterio del diseñador

Tabla 6. Niveles de iluminancia para los locales del templo

2.8 Implementación del software Dialux evo

Después de conocer y estipular los requerimientos de iluminación necesarios para cada zona o local y definir el tipo de luminarias y lámparas a utilizar, se procede a abrir la interfaz de Dialux donde podemos continuar trabajando un diseño ya avanzado o en su defecto nos permite exportar un plano nuevo para iniciar con el levantamiento de las edificaciones y diseño de iluminación de las mismas. En la siguiente figura se puede apreciar el primer acercamiento que se tiene con el software:

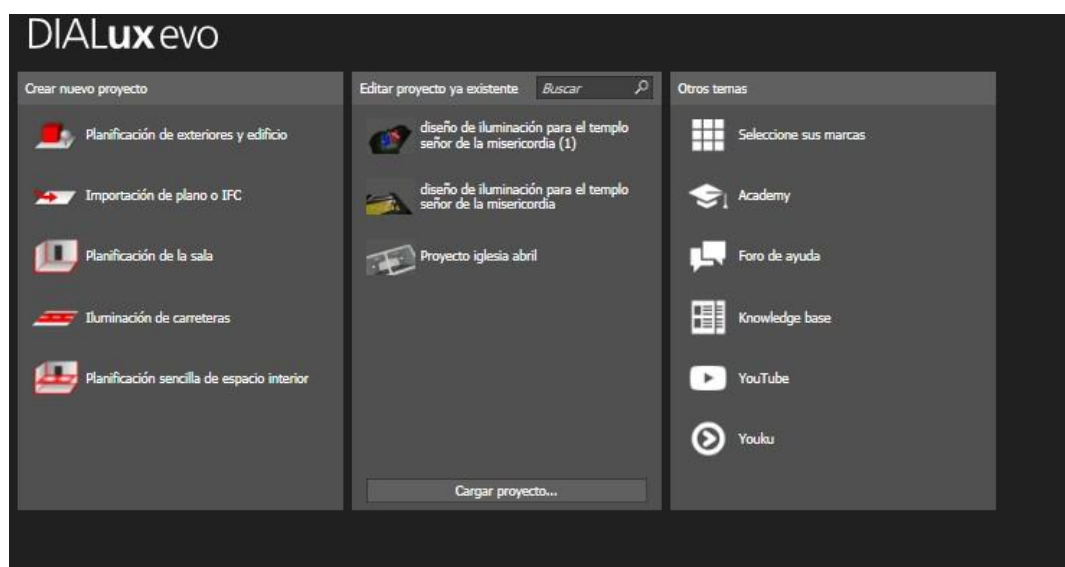


Figura 12. Interfaz Dialux evo

Después de importar el plano de AutoCAD el software nos brinda una serie de opciones en las cuales podemos iniciar a dar diseño a las edificaciones, allí podremos definir las dimensiones del plano, realizar el primer levantamiento de la edificación, definir cada local con su respectivo nombre y plano de trabajo, insertar puertas, ventanas, falsos techos,

A vertical toolbar with 20 icons for various drawing and editing tools. The icons are arranged in a single column and include: a selection tool (arrow), a line tool, a rectangle tool, an ellipse tool, a text tool, a fill tool, a stroke tool, a eraser tool, a lasso tool, a crop tool, a zoom tool, a pan tool, a reset tool, a undo tool, a redo tool, a save tool, a print tool, a delete tool, a help tool, and a close tool.

A continuación, se muestra la construcción del edificio y algunos locales:

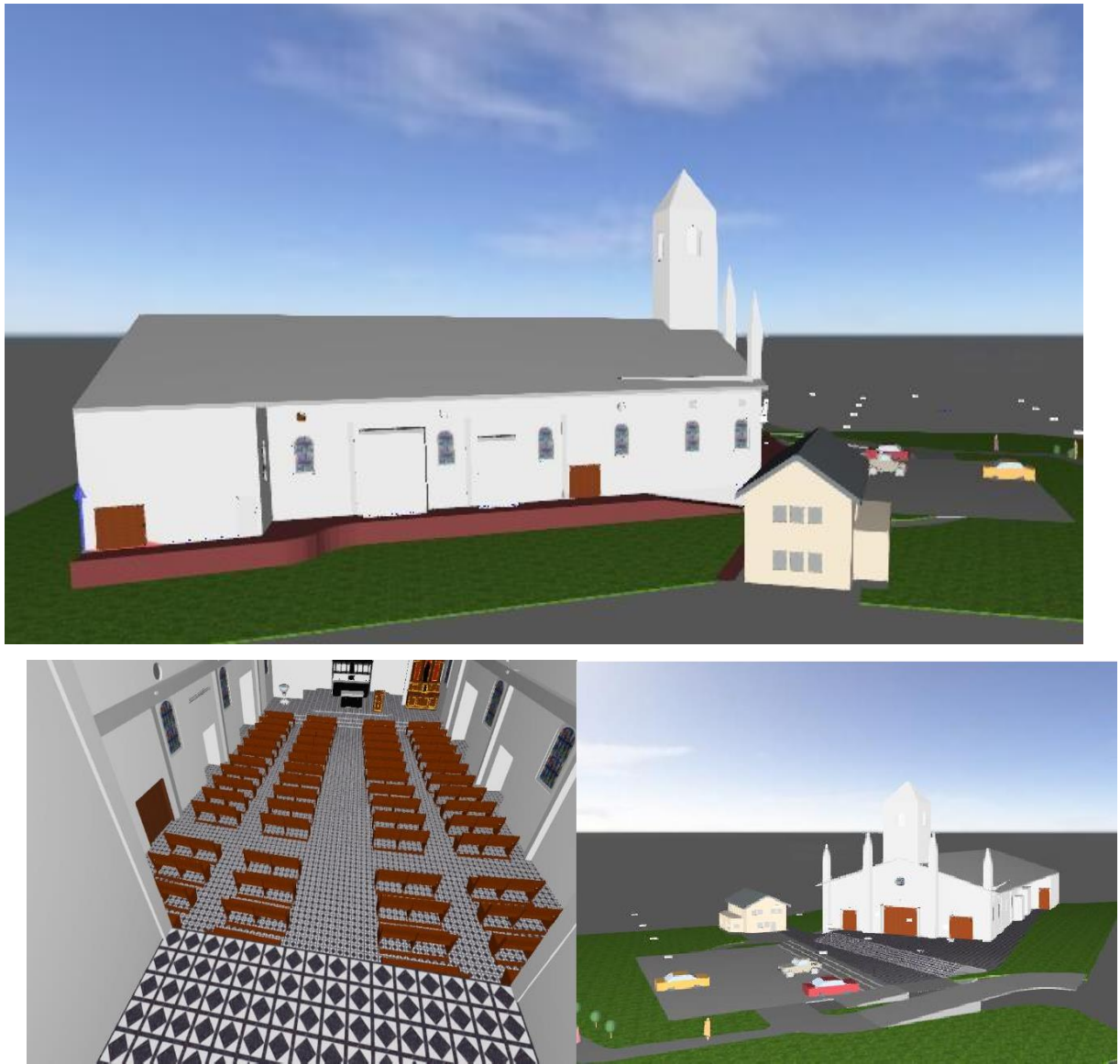


Figura 15. Construcción de la edificación.

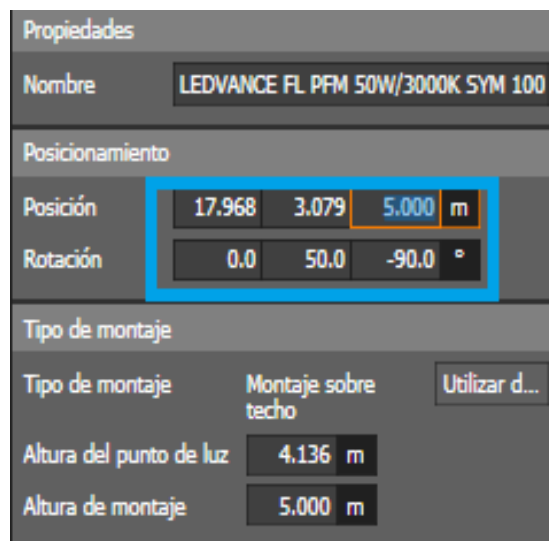
Para el color de las paredes de la iglesia se seleccionó el color blanco puro del catálogo de Dialux, este material ofrece un grado de reflexión del 86%, es el material que más se asemeja al tono real de las paredes.

2.9 Simulaciones de locales dentro del templo

Después de finalizar la construcción de la estructura y locales que componen el proyecto, se procede a importar los archivos IES de las luminarias previamente seleccionadas, la figura 13 muestra la ventana para realizar la importación.

2.9.1 Disposición de luminaria

Luego de importar las luminarias para cada local, el software Dialux evo permite ajustar la luminaria dependiendo de la necesidad del local a iluminar, a continuación, se muestra las diferentes ventanas para ajustar la altura, ángulo de las luminarias y disposición de las mismas:



Propiedades			
Nombre	LEDVANCE FL PFM 50W/3000K SYM 100		
Posicionamiento			
Posición	17.968	3.079	5.000 m
Rotación	0.0	50.0	-90.0 °
Tipo de montaje			
Tipo de montaje	Montaje sobre techo	Utilizar d...	
Altura del punto de luz	4.136	m	
Altura de montaje	5.000	m	

Figura 16. Construcción de la edificación en Dialux

Para el color de las paredes de la iglesia se seleccionó el color blanco puro del catálogo de Dialux, este material ofrece un grado de reflexión del 86%, es el material que más se asemeja al tono real de las paredes.

2.9.2 Iluminación de baños



Figura 17. Iluminación de
bañosFuente: Dialux evo

Resultados obtenidos con un plano útil de 0,75 m:

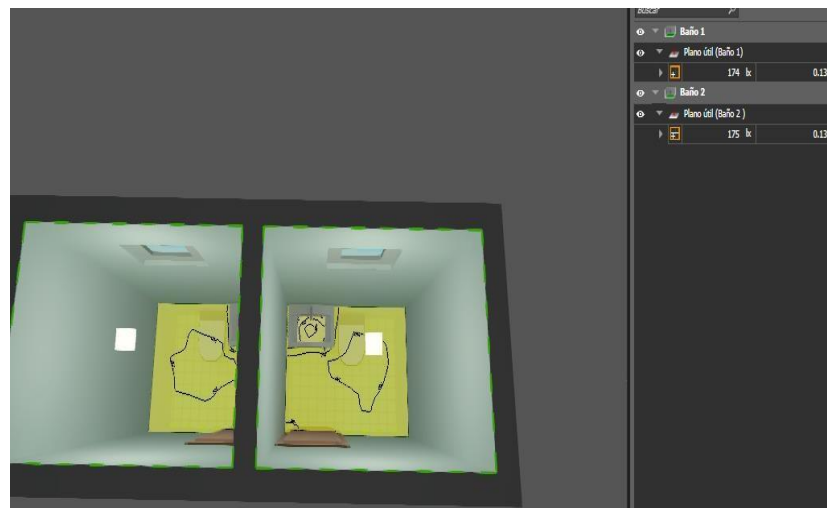


Figura 18. Resultados obtenidos en la simulación para los
bañosFuente: Dialux evo

2.9.3 Iluminación de Coro

Para iluminar el coro se elige un tono de iluminación blanco frío debido a la necesidad de tener en este local una buena visibilidad debido a la actividad que se va a desarrollar.

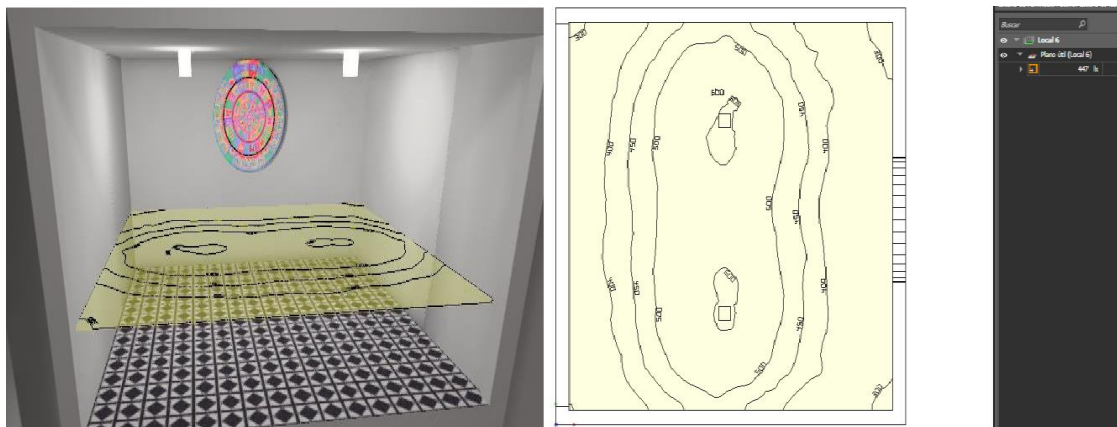


Figura 19. Simulación de iluminación para el coro
Fuente: Dialux evo

2.9.4 Iluminación de bodega

2.9.4.1 Iluminación en sacristía

En la sacristía se implementaron 2 proyectores de 50W cada uno ubicados en los laterales de las paredes, la altura del montaje es de 5m con un plano útil de 0,85, la iluminancia media obtenida en la sacristía es de 259 Lx

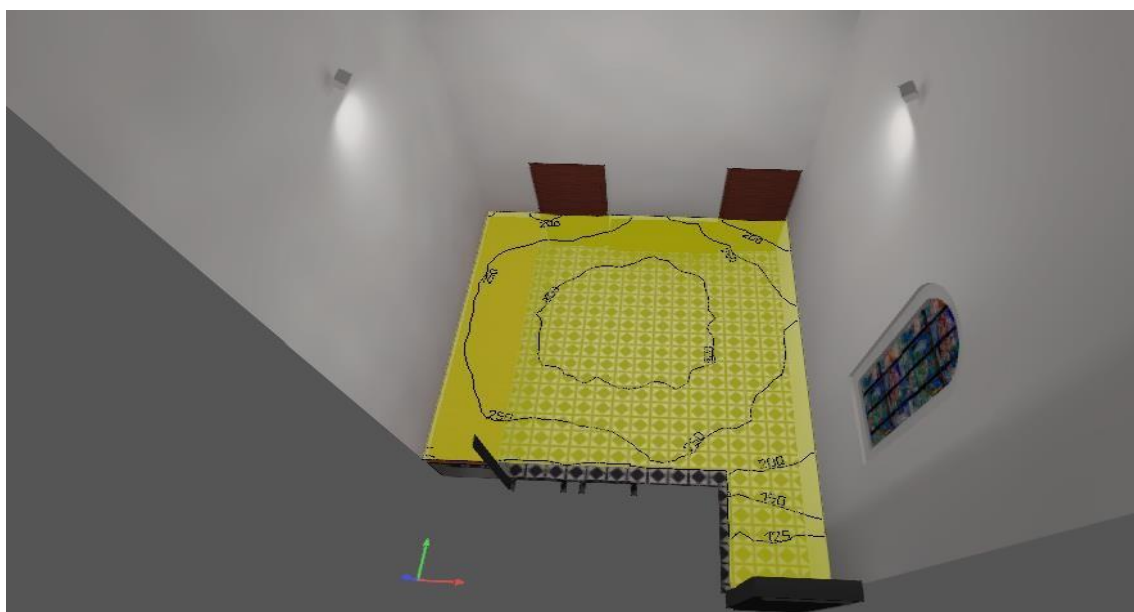


Figura 20. Simulación de iluminación en sacristía
Fuente: Dialux Evo

2.9.5 Iluminación de área principal del templo

Para la iluminación del área de circulación de personal y presbitero se utilizaron 3 tipos de proyectores de 50, 25 y 85 W Ledvance.

En la reunión realizada con el párroco a cargo del templo manifestó el deseo de implementar en el diseño del área de circulación de personas lámparas decorativas con cristales de murano, sin embargo, este tipo de lámparas no se pueden trabajar en el software Dialux evo por lo que no se contemplaron en este diseño, pero serán implementadas en la ejecución del proyecto por lo que complementarán el diseño realizado.

Para la iluminación del área de circulación de personas y presbítero se dispusieron proyectores led TR SP Zoom de 25 W sobre los laterales de la iglesia complementando el diseño con 4 proyectores led de 85W ubicados en la parte superior central de la iglesia





Figura 21. Simulación de iluminación en el área de circulación de personas y presbítero

2.10 Distribución de luminarias para todo el templo:

Para cada área del interior de la iglesia se realizan los mismos pasos que se siguieron para conseguir la iluminación promedio en los baños y bodega obteniendo los resultados mostrados en la siguiente tabla:

Área	Tipo de luminaria y proveedor	No. De luminarias	Iluminancia promedio (Lx) obtenida en dialux
Baños 1 y 2	Led bulb 14 W E27	1	175

	Philips		
Bodega 1	Proyector led FL PFM 50 W Ledvance	2	151
Sacristía	Proyector led FL PFM 50 W Ledvance	3	259
Coro	TrueForce Core HB 70 W E27 865 WV G3, Philips	2	447
Bodega 2	Led bulb 14 W E27 Philips	2	153
Resteros	Proyector led FL PFM 50 W Ledvance	3	165
Circulación de personal y sagrario	• Proyector led FL PFM 50 W • Proyector led FL PFM 80 W • Proyector TR SP zoom 25W Ledvance	• 8 • 4 • 20	147

Tabla 7. Distribución de luminarias ara cada área del templo parroquial

La ubicación de luminarias y altura de las mismas se encuentra en la sección de anexos.

2.11 Iluminación de fachada

Para la iluminación de la fachada se implementaron 2 proyectores RGB de 100 W instalados sobre el nivel del atrio; dichos proyectores se instalaron a diferentes ángulos con la finalidad de iluminar todos los sectores de la fachada de la iglesia. Adicionalmente en el atrio se instalaron 4 faroles a una altura de 3,5m sobre el nivel del atrio, sobre cada puerta de la fachada de implemento un farol a 0.5 metros por encima de la altura de la puerta cuya bombilla simulada es de 14 w. A continuación, se puede apreciar el diseño desarrollado:

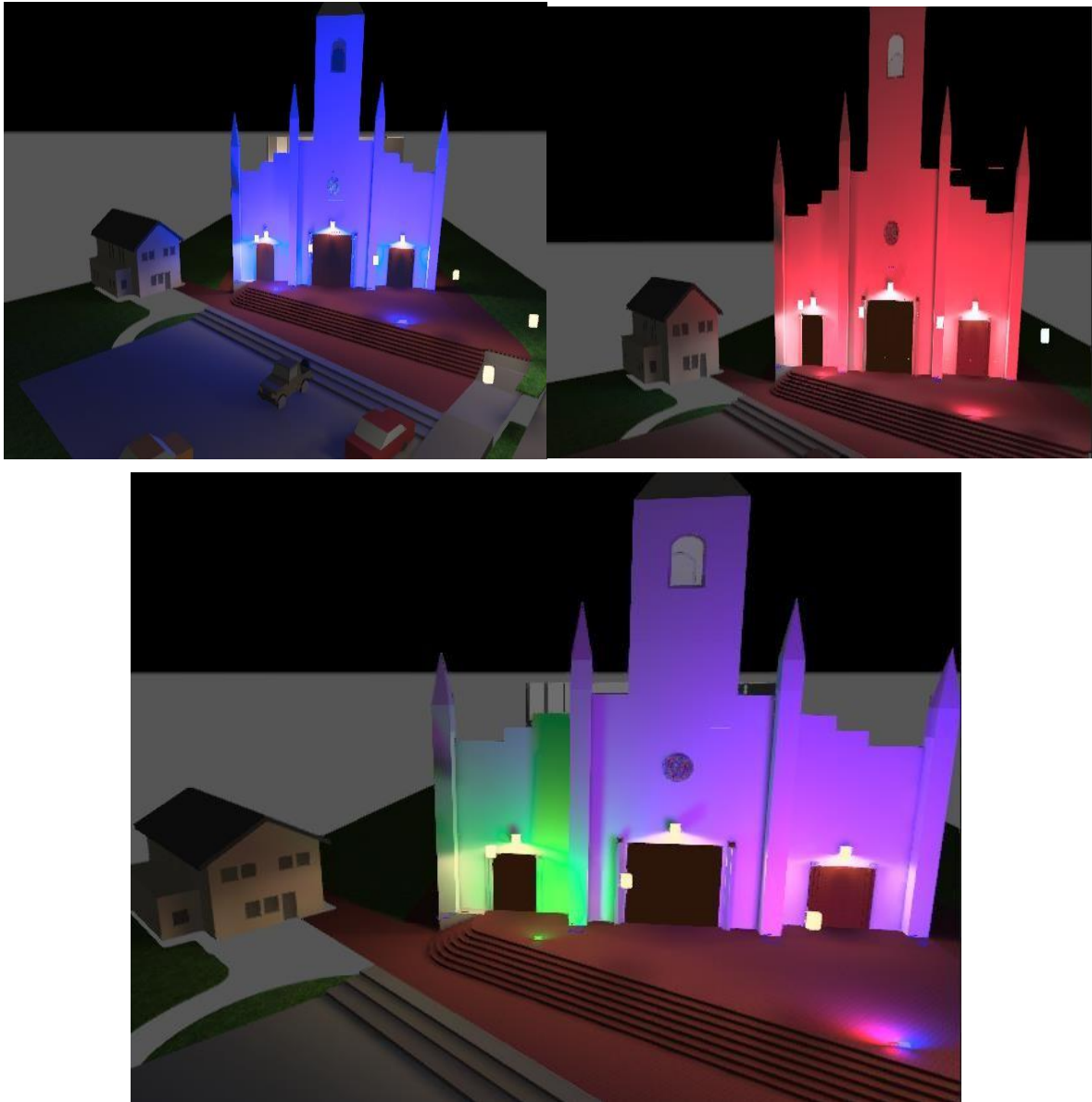


Figura 22. iluminación de fachada

2.12 Diseño de iluminación para circulación de vehículos

para realizar el diseño de iluminación de la zona de circulación de vehículos se debe tener en cuenta lo estipulado en el RETILAP para el diseño de alumbrado público, los dos parámetros a tener en cuenta son:

- Clase de iluminación asignada a la vía o espacio publico
- Magnitud del proyecto

Para conocer la magnitud del proyecto de alumbrado publico recurrimos a la siguiente tabla:

Proyectos nuevos o remodelación		Nivel A	Nivel B	Nivel C
		Bajo impacto	Medio impacto	Alto impacto
SISTEMA VIAL	Clase de iluminación de la vía o tipo de área			
	M1-M2	$P \leq 25$ ó $L = 0$	$25 < P \leq 75$ ó $L \leq 1.000$	$P > 75$ ó $L > 1.000$
	M3-M4	$P \leq 25$ ó $L \leq 1.000$	$25 < P \leq 100$ ó $1.000 < L < 2.000$	$P > 100$ ó $L > 2.000$
	M5	$10 < P \leq 25$ ó $L \leq 1.000$	$25 < P \leq 100$ ó $1.000 < L < 2.000$	$P > 100$ ó $L > 2.000$
Otras áreas	Alamedas, ciclo rutas, parques, paseos, plazas plazoletas, vías peatonales, puentes y puntos peatonales	$10 < P \leq 25$ ó $L \leq 1.000$	$25 < P \leq 100$ ó $1.000 < L < 2.000$	$P > 100$ ó $L > 2.000$
ESPECIALES [2*]	Zonas históricas de conservación y otros que por sus características revista de un especial interés para el municipio	$P \leq 25$	$25 < P \leq 50$	$P > 50$

Tabla 8. Categorización de los proyectos de alumbrado público

Donde:

P: cantidad de luminarias

L: Longitud de excavación ductería, red subterránea de alumbrado público[m].

Para la iluminación del parqueadero se implementaron 8 lámparas BDP102 PCC DW dichas lámparas se distribuyeron en los laterales del parqueadero con una altura de montaje de 4m. El área de circulación de vehículos se categoriza como: SISTEMA VIAL, nivel A, bajo impacto con $P < 25$ y $L = 0$

2.13 Diseño de iluminación de emergencia

La última actualización de Dialux evo, trae precargada la opción de iluminación de emergencia basándose en la norma EN 1838 2019-11.

La zona centro del templo parroquial, no se utilizó como salida de emergencia debido a la geometría arquitectónica y su dificultad para insertar luminarias de emergencia; a continuación, se muestran los caminos de salida de emergencia:

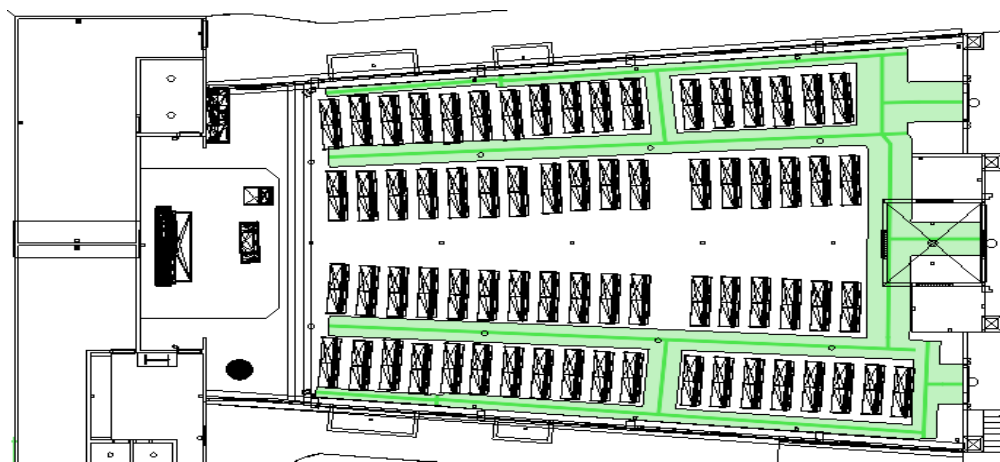


Figura 23. salidas de emergencia.

2.13.1 Lámpara seleccionada

2.13.1.1 Led emergencia aplique



Figura 24. Lámpara de emergencia

Características

- Chasis de color blanco con cubierta opalizada.
- Tipo de montaje: incrustar / Sobreponer.
- Indicador de estado de batería.
- recargable y botón de prueba.
- La luminaria cuenta con troqueles en diferentes partes del chasis para la instalación de la acometida eléctrica IP65.

Para cumplir con la normativa de iluminación de emergencia se implementaron 19 lámparas, obteniendo los siguientes resultados:

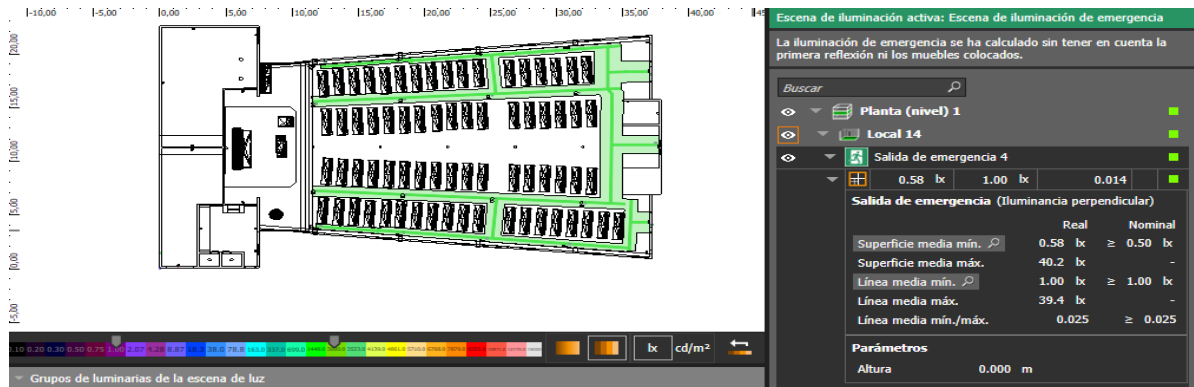


Figura 25. resultados del diseño de iluminación de emergencia.

Distribución de tomacorrientes

Para la instalación se diseñaron 24 salidas de tomacorrientes monofásicos los cuales se deben instalar a una altura de 0.8 metros sobre el nivel del suelo, además de diseñaron 4 salidas para tomacorrientes en el piso, las salidas establecidas se ubican donde el maestro a cargo de la construcción del templo dejó las salidas eléctricas cuando realizo la distribución de tuberías.

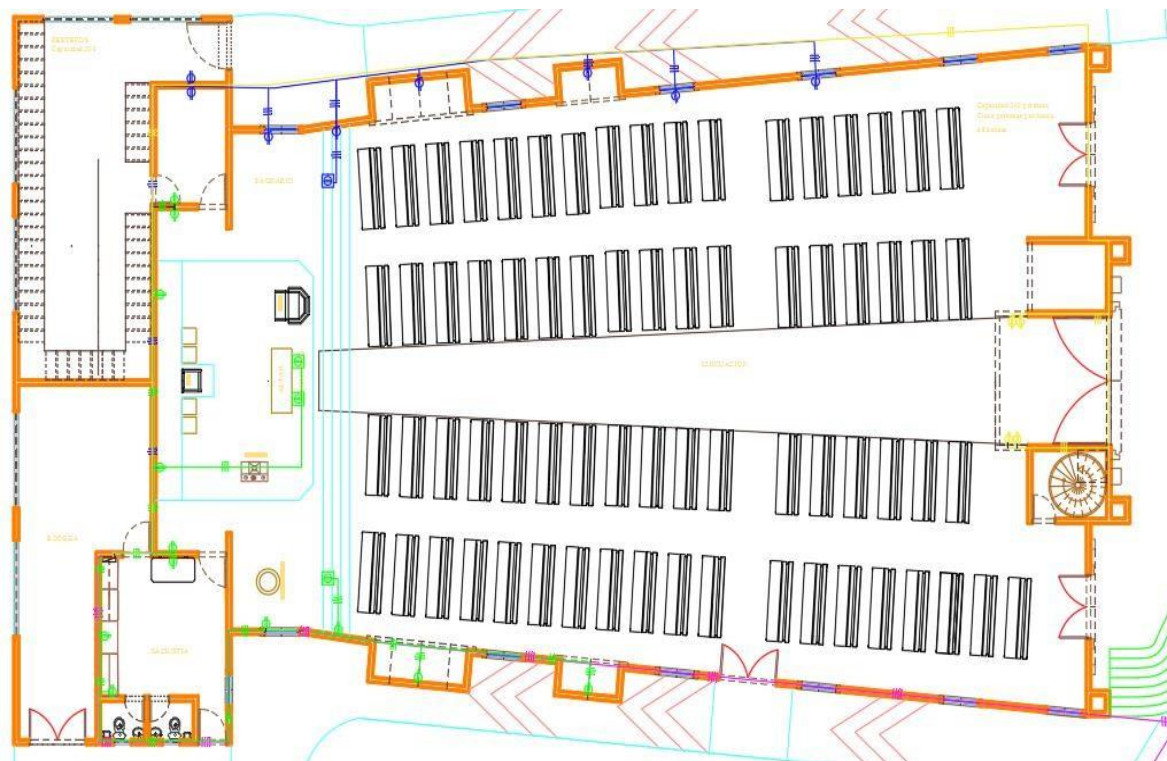


Figura 26. Distribución de tomacorrientes dentro del templo

3.9 Disposición de tableros de distribución

Haciendo uso del plano arquitectónico del templo parroquial se establecen dos tableros de distribución los cuales se instalarán a una altura de 1.70m sobre el nivel del suelo, su ubicación y número de circuitos es la siguiente:

- Casa cural: tablero general de 10 circuitos
- Sacristía de la iglesia: tablero de distribución de 24 circuitos

El tablero de 24 circuitos y distribución de tuberías dentro de la iglesia ya habían sido instalados por el maestro al momento de iniciar el diseño por lo que no se modificaron y se trabajó sobre ellos.

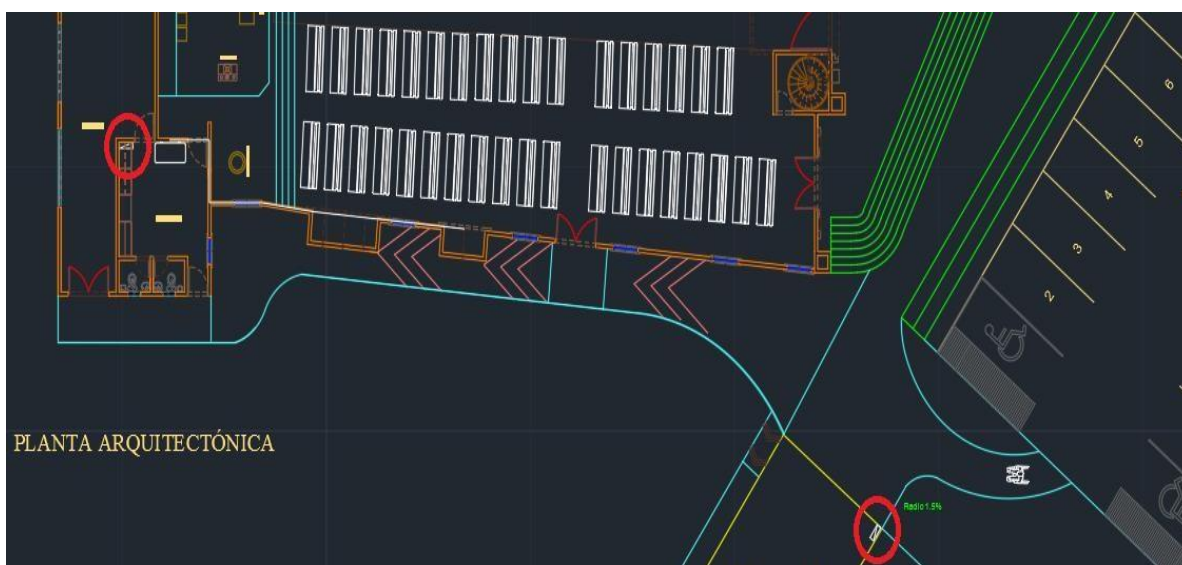


Figura 27. Disposición de tableros para la instalación eléctricaFuente: Autor

3.10 Distribución de iluminación e interruptores

En la siguiente figura se puede visualizar la distribución de lámparas dentro del templo parroquial

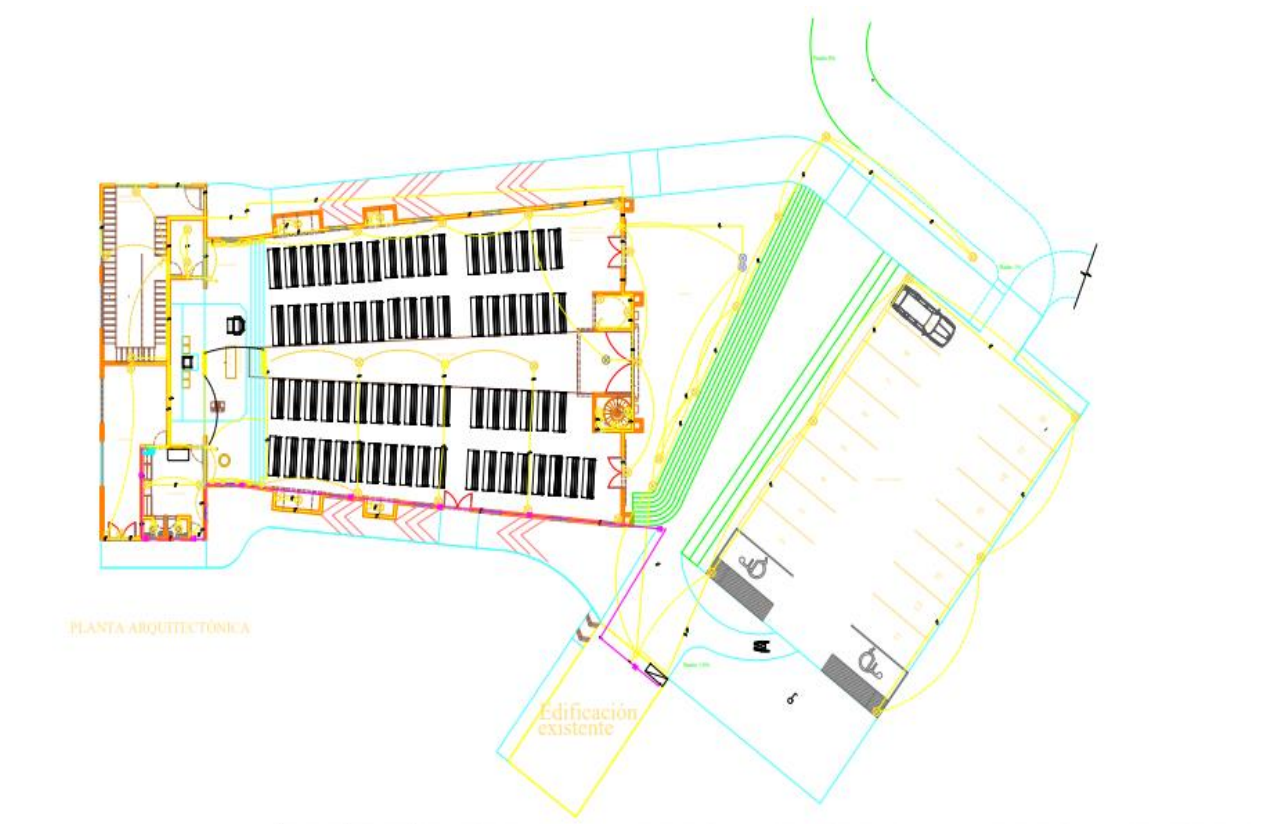


Figura 28. Distribución de tomacorrientes en el templo parroquial

3.11 Cálculos

3.11.1 Cálculo de potencia del templo

Para realizar el diseño de acometidas, medidor, calibre de conductores y distribución general de circuitos primero debemos conocer la potencia total de la instalación calculada a partir de la siguiente tabla:

Circuito	Tipo	Cantidad	Potencia W	Potencia total en W
Iluminación	Proyector LED 50 W	15	750	

	Proyector Led 80W	4	320	2092
	Proyector Led 25 W	20	500	
	Bombilla led bulb 14 W	13	182	
	Bombilla Led Bulb 70 W	2	140	
	Led Reflector Jeta 100 W	2	200	
Tomacorrientes	General 180 VA	28	5040	5684.2

Tabla 9. Cálculo de potencia total demandada por la iluminación y tomacorrientes

Fuente: autor

Para el cálculo de tomacorrientes se tiene en cuenta la norma ntc 2050 pag 64 donde se indica que para edificaciones que no sean de vivienda se puede establecer una potencia de 180 VA por cada tomacorriente.

3.11.2 Cuadro de cargas a instalar en el templo parroquial

Cuadro de cargas del templo parroquial									
Circuito	Lámparas	tomacorriente	Voltaje	FP	Potencia (W)	Potencia (VA)	Corriente (A)	Calibre (AWG)	Protección (A)
CIRCULACION DE PERSONAS LI	11	0	127	0.95	353	371.57	2.92	14	15
CIRCULACION DE PERSONAS LD	11	0			353	371.57	2.92	14	15
ILUMINACION FACHADA	9	4			562	591.57	4.65	14	15
ILUMINACION 10M	14	0			570	600	4.72		

ILUMINACIÓN BODEGAS Y SACRISTÍA	11	0		406	427.36	3.36	14	15
TOMACORRIENTES LI	12	12		2052	2160	17	14	20
TOMACORRIENTES LD	12	12		2052	2160	17	14	20
ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA	19	0		76	80	0.62	16	15

Tabla 10. Cuadro de cargas del tablero de distribución del templo

Fuente: Autor

El consumo total de la instalación es de 6424 W a un factor de potencia promedio de 0.95.

3.11.3 Cuadro de cargas general

El tablero de cargas general se diseñó para ser instalado en el en la edificación existente de la casa cural; en dicho tablero se conectará el sistema fotovoltaico.

Cuadro de cargas general								
Circuito	Lámparas	Voltaje	FP	Potencia (W)	Potencia (VA)	Corriente (A)	Calibre (AWG)	Protección (A)
Tablero iglesia	-	220	0.95	6424	6762.1	30.52	8	40
Sendero peatonal	4			114	120	0.54A	14	15
parquadero	10			390	410.52	1.866	14	15

Tabla 11. Cuadro de cargas tablero principal

Fuente: Autor

Cálculo de conductor desde el tablero principal hasta el tablero de distribución dentro del templo:

$$I_N = \frac{S}{V} = \frac{6762.1 VA}{220V} = 30.52A$$

Para asegurar un correcto dimensionamiento del conductor, se debe multiplicar la corriente nominal por 1.25:

$$I = 1,25 * I_N = 1,25 * 30.73A = 38.42 A = 40A$$

Carga total en la instalación:

Potencia W	Potencia VA
6928	7292.62

Tabla 12. Carga total de la instalación

3.11.4 Límite de carga

Conociendo el total de carga que tendrá el diseño eléctrico de toda la instalación se define el tipo de servicio que se le solicitará a la empresa prestadora de servicio, en este caso CENS a partir de los siguientes límites de carga:

Servicio	
Monofásico bifilar 120 V	Entre 1 y 3 kVA
Bifásico trifilar 127/220V	Entre 3 y menor 9 kVA
Trifásico tetrafilar 127/220V	Entre 9KVA y menor a 35 kVA
Semidirecta B.T (TC's)	Entre 35 kVA y menores o iguales a 150 kVA
Indirecta M.T y A.T (TC's y TP's)	Superior a 1500 kVA

Tabla 13. Límites de carga tomada de norma CENS capítulo 2

Como la carga total de la instalación es de 7292.62 VA, el servicio que se le solicitará a CENS grupo EPM será bifásico trifilar 127/220V.

3.11.5 Servicio solicitado:

Carga de la instalación	Carga	Servicio
7292.62 VA	Entre 3 y menor 9 kVA	Bifásico trifilar 127/220V

Tabla 14. Servicio solicitado a la empresa prestadora de servicio CENS

3.11.6 Demanda máxima

Se utiliza las tablas de factores de demanda máxima de la norma CENS en el apartado no residencial; la descripción de la instalación será la de “otros” tal y como se muestra a continuación:

Descripción	Carga (vatios)	Factor de demanda (%)
Otros	10000	100
	10000	30

Tabla 15. Factores de demanda máxima

Fuente: CENS

3.11.7 Cálculo de demanda máxima

Potencia de la instalación: 9185 W.

Como la potencia de la instalación eléctrica no supera los 10000 W no es necesario calcular el factor de demanda.

3.11.8 Calculo para acometida

3.11.8.1 Cálculo de corriente nominal

$$I_N = \frac{S}{V} = \frac{7528.88 \text{ VA}}{240V} = 33.14A$$

Para asegurar un correcto dimensionamiento de la corriente que debe soportar la acometida, se debe multiplicar la corriente nominal por 1.25:

$$I_{wnd} = 1,25 * I_N = 1,25 * 33.14A = 41.43A$$

Donde:

$$I_{wnd} = \text{corriente que debe soportar la acometida}$$

Corriente nominal	Corriente de acometida	Corrección por temperatura	Conductor según tabla 310-16 NTC 2050
33.14 A	41.43A	50 A	8 AWG cobre a 75°C. 8.36mm ²

Tabla 16. Cálculo para acometida

Fuente: autor

3.11.8.2 Tipo de medidor

Tipo de medidor	Corriente Protección	Tipo de protección
Bifásico trifilar	$I_p < I_{wnd}$	40 A Bifásico trifilar

Tabla 17. tipo de medidor para la instalación

3.11.9 Cálculos de regulación

Los cálculos de regulación de tensión se realizarán según la norma CENS, se calcula de la siguiente manera:

$$R\% = F_c \frac{KG}{V_L^2} M$$

Donde:

Fc= factor de corrección

M=Momento eléctrico

VL=voltaje de línea

KG= constante de regulación generalizada del conductor se calcula como:

$$KG=(r\cos\phi+XL\sin\phi)$$

Donde:

r: resistencia por unidad de longitud del conductor a una temperatura determinada (Ohm/km)

ϕ : ángulo del factor de potencia de a carga

XL: reactancia inductiva por unidad de longitud del conductor (Ohm/km)

El valor de KG de extrajo de la tabla 22 de la norma CENS para constante de regulación de cobre aislado a un factor de potencia de 0.95.

3.11.9.1 Regulación de voltaje según norma CENS

Nivel de tensión	Área	Límites de regulación de voltajes
Circuitos de baja tensión	Zona urbana	3%
	Zona rural	3%
	Alumbrado publico	3%
	Acometidas	2%

Tabla 18. límites de regulación de voltaje tomada de Norma CENS, capitulo 2, tabla 21.

3.11.10 Cálculo de regulación de voltaje:

Regulación de voltajes					
Regulación desde el punto de conexión de la red hasta el medidor (acometida)					
Longitud (km)	Calibre (AWG)	Factor de corrección según tabla 30 Cap. 11 norma CENS	Constante de regulación generalizada (Ohm/Km)	Momento eléctrico (VA*KM)	Regulación de voltaje en %
0,006	8	2	216.43	55.11	0.49

Regulación desde el medidor hasta el tablero principal					
0.012	8	2	216.43	110.22	0.98

Tabla 19. cálculo de regulación de voltaje en la instalación

Los conductores seleccionados cumplen con los límites de regulación de voltaje establecidos por la norma CENS por lo que no es necesario realizar un redimensionamiento.

3.11.11 Cálculo de pérdidas máximas de potencia

Los cálculos de pérdidas de potencia se realizan según la norma CENS de la siguiente manera:

$$PL\% = \frac{rM}{V_L^2 \phi} * 100 * Fc$$

Donde:

M = Momento eléctrico en kVA*m.

r = Resistencia por unidad de longitud en Ohm/km.

ϕ = Angulo del factor de potencia de la carga.

VL= Tensión de línea en voltios.

3.11.12 Pérdidas máximas de potencia según CENS:

Componente	Pérdidas de potencia
Líneas de distribución	1%
Redes de baja tensión	2,35%
Transformadores	De acuerdo a NTC 818, 819 y 1954-última actualización

Tabla 20. Límites de pérdidas de potencia. Tomada de Norma CENS, capítulo 2,

Pérdidas máximas de potencia					
Pérdida de potencia desde el punto de conexión de la red hasta el medidor (acometida)					
Longitud (km)	Calibre (AWG)	Angulo del factor de potencia	Resistencia por unidad según tabla 14 Cap 11 norma CENS (Ohm/Km)	Momento eléctrico (VA*KM)	Pérdidas de potencia %
0,006	8	0.95	2,10	47.621	0.3655
Pérdidas de potencia desde el medidor hasta el tablero principal					
0.012	8	0.95	2,10	95.242	0.73

Tabla 21. Cálculos de pérdidas de potencia para la instalación

Los conductores seleccionados no sobrepasan los límites de pérdidas de potencia establecidos por la norma CENS por lo que no es necesario realizar un redimensionamiento.

3.12 Sistema de puesta a tierra

3.12.1 Selección de calibre del conductor de puesta a tierra para los equipos de la instalación

Para la elección del calibre mínimo del conductor se utiliza lo establecido en el artículo 250-23 de la ntc 2050 mostrada a continuación:

Intensidad o posición máxima del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, conductos, etc. (amperios)		
	Sección	
	Cable de cobre nº	Cable de aluminio o de aluminio revestido de cobre* nº.
15	14	12
20	12	10
30	10	8
40	10	8
60	10	8
100	8	6
200	6	4
300	4	2
400	3	1
500	2	1/0
600	1	2/0
800	1/0	1/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250 Kcmils
1600	4/0	350 Kcmils
2000	250 Kcmils	400 Kcmils
2500	350 Kcmils	600 Kcmils
3000	400 Kcmils	600 Kcmils
4000	500 Kcmils	800 Kcmils
5000	700 Kcmils	1200 Kcmils
6000	800 Kcmils	1200 Kcmils

Tabla 22. Sección mínima de los conductores de tierra de equipos para canalizaciones y equipos tomada de NTC 2050 tabla 250-95

Conociendo que la protección de los circuitos ramales para los enchufes de la instalación es de 20 A y teniendo en cuenta la tabla se debe seleccionar un conductor de tierra con calibre de 12 AWG como mínimo, para los proyectores cuya protección de ramal es de 15 A se debe seleccionar un conductor 14 AWG

Teniendo en cuenta que la protección del alimentador ubicado en la sacristía de la iglesia es de 50 A se debe seleccionar según la tabla 250-95 un calibre de conductor de puesta a tierra de 10 AWG.

3.12.2 Elección del calibre electrodo de puesta a tierra

para realizar la elección del conductor de tierra nos remitimos a la norma 2050 en el artículo 250-94 mostrada a continuación:

Cuadro 250-94
Conductor del electrodo de tierra de instalaciones de c.a.

Sección del mayor conductor de entrada a la acometida o sección equivalente de conductores en paralelo		Sección del conductor al electrodo de tierra	
Cobre	Aluminio o aluminio revestido de cobre	Cobre	Aluminio o aluminio revestido de cobre*
2 o menos	1/0 o menos	8	6
1 o 1/0	2/0 o 3/0	6	4
2/0 o 3/0	4/0 o 250 Kcmils	4	2
Más de 3/0 a 350 Kcmils	Más de 250 Kcmils a 500 Kcmils	2	1/0
Más de 350 Kcmils a 600 Kcmils	Más de 500 Kcmils a 900 Kcmils	1/0	3/0
Más de 600 Kcmils a 1100 Kcmils	Más de 900 Kcmils a 1750 Kcmils	2/0	4/0
Más de 1100 Kcmils	Más de 1750 Kcmils	3/0	250 Kcmils

Tabla 23. Calibres de conductores de puesta a tierra conectados al electrodo

Se realiza la elección del calibre 8 AWG en cobre ya que es el mínimo que exige la norma.

3.12.3 Elección del electrodo de puesta tierra

La varilla de cobre para el sistema de puesta a tierra debe tener un diámetro de 12,7mm y una longitud de 2,4 m como mínimo.

3.13 Análisis contra descargas atmosféricas

Para el análisis contra descargas atmosféricas se utilizó el software en línea INGESCO Calculus que es una herramienta que tiene como objetivo calcular el índice de riesgo de daños por el rayo y sus efectos.

El software es muy completo sin embargo, queda a responsabilidad del diseñador ingresar los datos con la mayor veracidad posible con la finalidad de que el programa realice un cálculo adecuado.

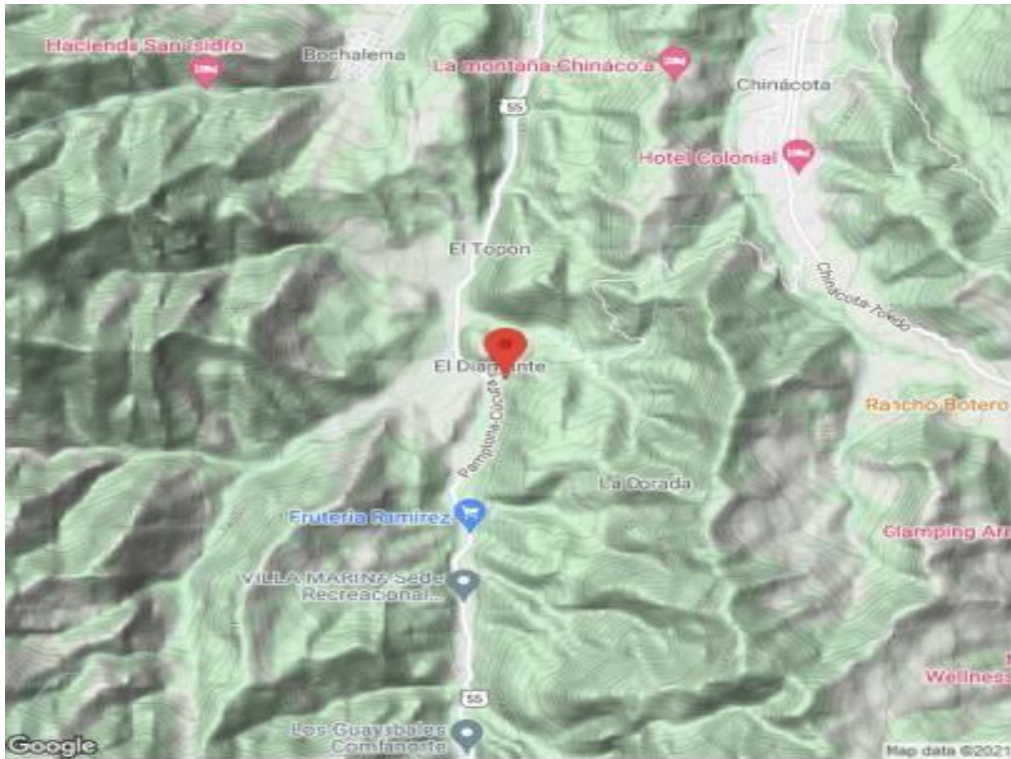


Figura 29. Ubicación del edificio objeto de estudio tomada de:
INGESCO Calculus

A continuación, se presentan los componentes principales para un sistema de protección contra rayos en los cuales encontramos:

- Instalación captadora o pararrayos
- Instalación derivadora o bajantes
- Sistema de puesta a tierra

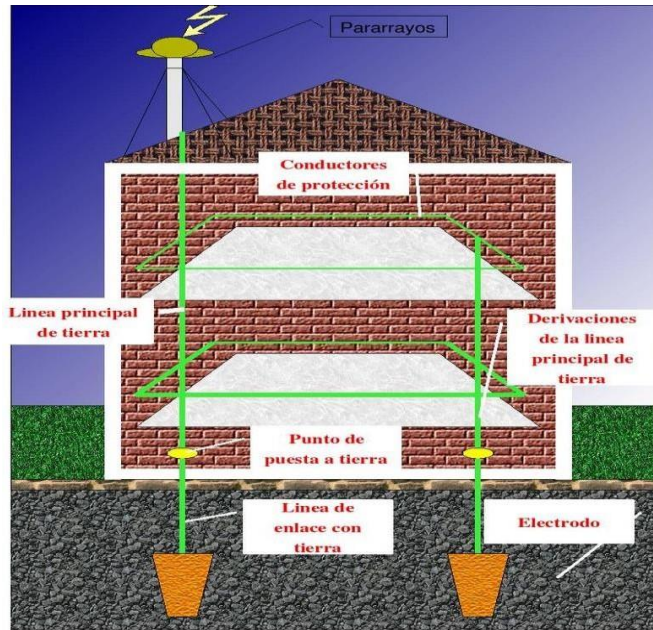


Figura 30. Componentes principales de protección contra descargas atmosféricas
 tomada: https://es.wikipedia.org/wiki/Puesta_a_tierra#/media/Archivo:Esquema_puesta_a_tierra.jpg

Inicialmente se realizó la simulación sin sistema de protección contra rayos donde se puede apreciar que se presentarían riesgos de pérdida de vida humana, riesgo de pérdidas de servicios al público y riesgo de pérdida de valor económico, en la siguiente figura se muestran los resultados.



Figura 31. resultados se la simulación sin protección contra descargas atmosféricas

tomada de: INGESCO Calculus

Posteriormente, se realizó la simulación con sistema de protección contra rayos los resultados se muestran a continuación.



Figura 32. Tipo y nivel de protección de pararrayos tomada de:INGESCO Calculus

En la siguiente figura se puede apreciar el nivel de protección que brinda un pararrayos tipo PDC 3.1 el cual brinda una protección de 43m a la redonda del lugar donde es instalado. El círculo representa la zona de protección contar descargas atmosféricas del pararrayos y el polígono representa la edificación total del templo señor de la misericordia del Diamante.



Figura 32. protección que brinda el PDC 3.

3.13.1 Funcionamiento

El sistema de captación estará conformado por dispositivos INGESCO PDC que se ubicaran en la parte superior del templo.

- El cabezal PDC ira conectado mediante una pieza de adaptación a través de tornillos.
- La zona de protección que ofrece el PDC esta definida por los radios de protección correspondientes dependiendo de la altura del montaje.

3.13.2 Lista de los Principales materiales a utilizar:

- Pararayos INGESCO PDC
- Terminal de adaptación
- Mástil
- Cobre desnudo

3.14 Diseño de sistema fotovoltaico

Con el diseño del sistema fotovoltaico se busca obtener un ahorro en la facturación de la instalación eléctrica, como no se conocen las cargas que se van a conectar en la instalación se diseña un sistema fotovoltaico prototipo por potencia consumida por la iluminación.

A continuación de muestra el diseño básico del sistema fotovoltaico:



Figura 33. sistema fotovoltaico conectado a la red

tomada de: <https://cutt.ly/kKjI3ox>

3.14.1 Potencia del sistema fotovoltaico

Como no se conoce el consumo de la instalación eléctrica el diseño del sistema fotovoltaico se dimensiona para una potencia de 3000 W en condiciones ideales.

3.14.2 Horas pico solares en el corregimiento del diamante

Para determinar las horas pico de radiación del corregimiento del diamante Norte de Santander se utilizó la base de datos de la nasa donde se extrajeron los siguientes datos de radiación mensual y temperatura del lugar durante el año:

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Ángulo LATITUD	4.76 h	4.65 h	4.21 h	4.07 h	4.25 h	4.24 h	4.39 h	4.62 h	4.85 h	4.79 h	4.53 h	4.56 h
Ángulo HORIZONTAL	4.55 h	4.54 h	4.19 h	4.12 h	4.34 h	4.36 h	4.51 h	4.7 h	4.86 h	4.72 h	4.4 h	4.36 h
Ángulo LATITUD -15°	4.76 h	4.65 h	4.21 h	4.07 h	4.25 h	4.24 h	4.39 h	4.62 h	4.85 h	4.79 h	4.53 h	4.56 h
Ángulo LATITUD +15°	5.01 h	4.71 h	4.12 h	3.86 h	3.94 h	3.87 h	4 h	4.31 h	4.67 h	4.76 h	4.64 h	4.79 h
Ángulo VERTICAL	3.12 h	2.49 h	1.77 h	1.51 h	1.63 h	1.58 h	1.55 h	1.62 h	1.81 h	2.35 h	2.74 h	3.09 h
Radiación óptima	5.03 h	4.72 h	4.21 h	4.12 h	4.34 h	4.36 h	4.51 h	4.7 h	4.86 h	4.8 h	4.64 h	4.82 h
Ángulo óptimo	29.5 °	19 °	7.5 °	0 °	0 °	0 °	0 °	0 °	2.5 °	13 °	22.5 °	30 °

Figura 34. Radiación promedio mensual en una superficie inclinada apuntada por el ecuador(KW/h/m2/día) corregimiento el Diamante tomada de: nasa.gov

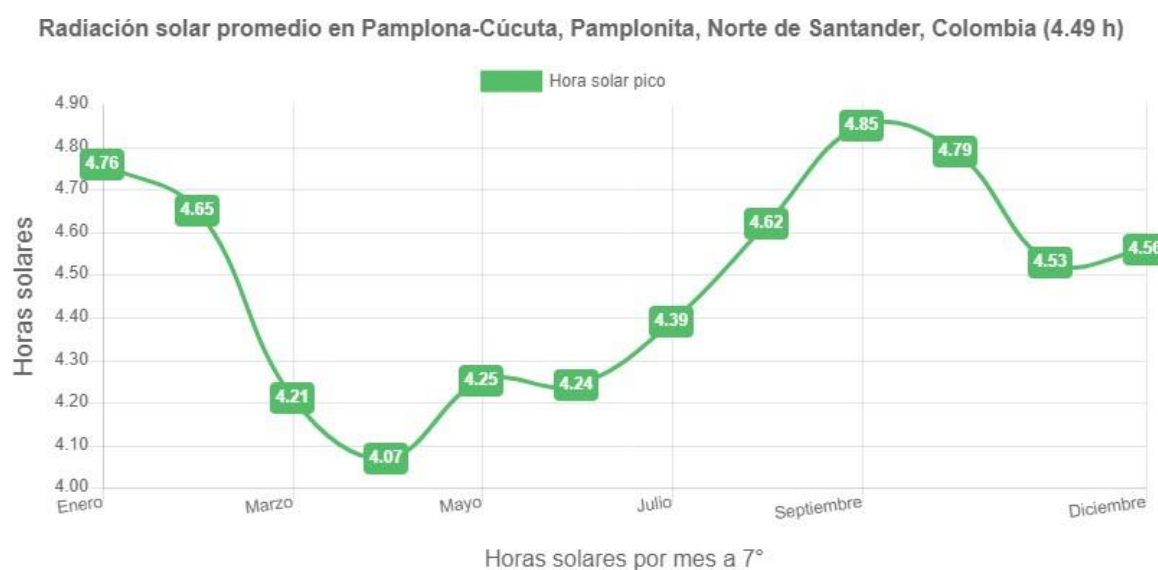


Figura 35. Radiación promedio mensual en el corregimiento el Diamante a un ángulo de 7° tomada de: nasa.gov

3.14.3 Consumo diario de la instalación

Como conocemos la potencia del sistema fotovoltaico y las horas solares pico del corregimiento el Diamante podemos conocer el consumo diario de la instalación de la siguiente manera:

$$potencia\ fotovoltaica = \frac{consumo\ diario}{horasolar\ pico}$$

$$Consumo\ diario = potencia\ fotovoltaica * hora\ solar\ pico$$

$$consumo\ diario = 2780\ W * 4.49\ h = 12482.2\ Wh$$

3.14.4 Cálculo de potencia fotovoltaica generada por los paneles

Como ya se conoce el número de paneles que se van a instalar y su potencia, podemos calcular la potencia fotovoltaica del sistema realizando el despeje y uso de la siguiente ecuación:

$$No.\ módulos = \frac{potencia\ fotovoltaica}{potencia\ del\ módulo}$$

$$potencia\ fotovoltaica = No.\ módulos * potencia\ del\ módulo = 8 * 345W = 2780W$$

Conociendo la potencia que genera nuestro sistema fotovoltaico podemos calcular la potencia diaria que puede entregar el sistema a la instalación eléctrica a partir de la siguiente ecuación:

$$potencia\ fotovoltaica = \frac{consumo\ diario}{horasolar\ pic}$$

$$\text{Consumo diario} = \text{potencia fotovoltaica} * \text{hora solar pico} = 2780 \text{ W} * 4.49 \text{ h}$$

$$\text{consumo diario} = 12482.2 \text{ Wh}$$

3.14.5 Microinversores

Para el sistema fotovoltaico se decide instalar microinversores ya que la potencia que se va a generar no es muy alta y si se realiza el diseño con inversores centralizados estos serían difíciles de conseguir debido a la baja potencia y resultaría más costoso.

Ventajas de utilizar microinversores:

- Mayor seguridad al trabajar con voltajes bajos.
- Menor riesgo de incendios por arcos eléctricos.
- Ofrecen un grado de protección muy alto lo cual minimiza las posibles fallas por humedad.
- Mitiga las pérdidas que se puedan presentar por sombras durante el día en el panel.
- A cada microinversor se le pueden conectar cuatro módulos.
- Cuatro canales de entrada con MPPT independiente y función de monitoreo.
- Salida máxima continua de energía de más de 1200 watts.
- Se conecta directamente al panel.

3.14.5.1 Elección de micro inversores

Para el sistema fotovoltaico se seleccionó inversores de 1600W cuyas características se muestran a continuación:



Figura 36. Micro inversor de 1600W
tomada de: AP System

Ficha técnica QS1A microinversor	
Región	LATAM
Datos de entrada (CC)	
Potencia recomendada de módulo FV	250Wp-440Wp+
Rango de voltaje MPPT	30V-52V
Rango de voltaje de operación	16V-55V
Voltaje de entrada máximo	60V
Voltaje de arranque	20V
Corriente de entrada máxima	13.3A x 4
Corriente máxima de cortocircuito de CC	15A x 4
Datos de salida (CA)	
Potencia máxima de salida continua	1500W
Voltaje de salida nominal	240V/211V-264V
Voltaje ajustable de salida	150V-280V
Corriente de salida nominal	6.25A
Unidades máximas por ramal	3 (12 módulos FV) cada interruptor de CA de 25A
Rango de frecuencia de salida	60Hz/59.3Hz-60.5Hz
Rango de frecuencia de salida ajustable	55.1Hz-65Hz
Factor de potencia	>0.99
Distorsión armónica total	<3%
Corriente máxima de falla de salida (CA) y duración	47.3 Apk, 1.4 ms de duración
Eficiencia	
Eficiencia máxima	96.5%
Nominal MPPT eficiencia	99.5%
Consumo de energía nocturno	30mW
Datos mecánicos	
Rango de temperatura ambiental	-40 °F to +149 °F (-40 °C to +65 °C)
Rango de temperatura de almacenamiento	-40 °F to +185 °F (-40 °C to +85 °C)
Dimensiones (A x L x P)	11.1" x 9.1" x 1.6" (281mm x 231mm x 41.3mm)
Peso	9.9lbs (4.5kg)
Corriente máxima del bus de CA	25A (12AWG)
Clasificación ambiental del aparato	TYPE 6
Enfriamiento	Convección natural - Sin ventiladores
Características	
Comunicación (Inversor para ECU)	Wireless
Diseño de transformador	High Frequency Transformers, Galvanically Isolated
Monitoreo	Via EMA* Online Portal
Certificado de cumplimiento	
Seguridad y cumplimiento de EMC	UL1741; CSA C22.2 No. 107.1-16; NOM-001-SCFI-1993
Conformidad de conexión a la red	IEEE1547

Figura 37. Ficha técnica del microinversor;

Fuente: Ap System

3.14.5.2 Numero de microinversores

Como conocemos la potencia del sistema fotovoltaico y la potencia del microinversor, podemos calcular el número de microinversores que requiere la instalación

$$No. microinversores = \frac{potencia\ fotovoltaica}{potencia\ de\ salida\ del\ microinversor}$$

$$No. microinversores = \frac{3000W}{1500W} = 2$$

Se diseña el sistema fotovoltaico con 2 microinversores de 1600W

3.14.6 Selección y número de paneles solares

Una vez conocido el número de inversores se calcula el número de paneles solares que requiere el sistema, a cada micro inversor se le pueden conectar 4 paneles por lo que para el sistema se utilizarán 8 paneles de 400 W

$$\text{Potencia generada por los panles} = 400\text{ W} * 8 = 3200\text{ W}$$

3.14.7 Tipo de panel fotovoltaico

Panel monocristalino de 400 W



Figura 38. Panel monocristalino de 400 W
tomada de:Autosolar.co

3.14.7.1 Características:

- 144 celdas Módulo Mono PERC
- Sistema Máximo de voltaje 1500 VCD
- Rango de salida de potencia: 395-415 Wp
- Eficiencia máxima: 20,7%
- Marca: Solar Risen

3.14.8 Modo de conexión del micro inversor

A cada microinversor se le pueden conectar 4 paneles solares tal cual como se muestra en la siguiente figura:

Esquema de cableado

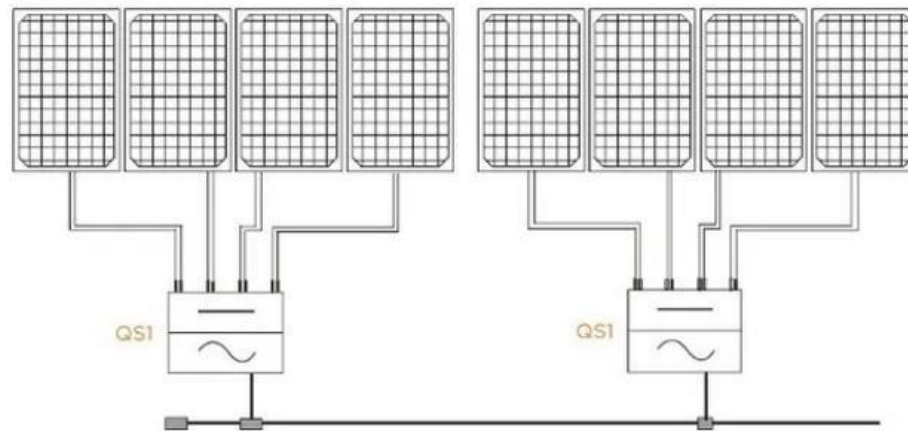


Figura 39. modo de conexión de los paneles al microinversor
tomada de: Autosolar.co

3.14.9 Ubicación de los paneles

Los paneles serán ubicados sobre el techo de la iglesia direccionados hacia el norte, este techo tiene una inclinación de 5° .

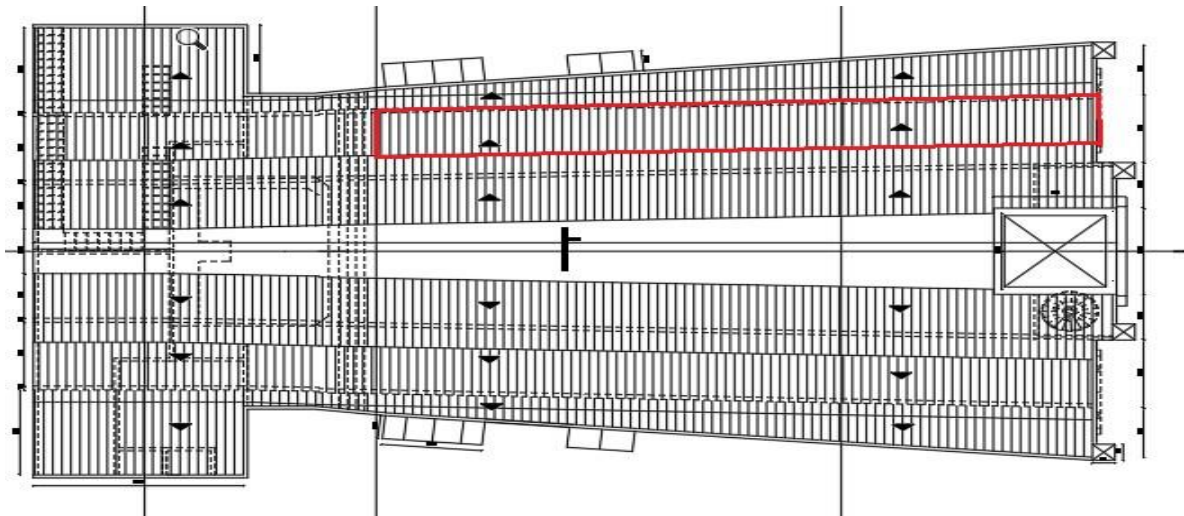


Figura 40. Ubicación para los paneles solares

3.14.9.1 Medidor bidireccional

Es un dispositivo que se encarga de medir tanto el consumo como la generación de energía eléctrica, con estos dispositivos se consigue el balance de consumo eléctrico para obtener instalaciones más eficientes respaldadas por el operador de red.

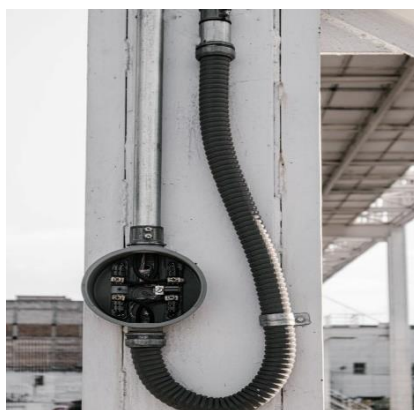


Figura 41. medidor bidireccional

tomada de: <https://keeui.com>

3.14.10 Protecciones

Para la protección del sistema fotovoltaico se utilizará:

DPS de 25 A

Interruptor termomagnético general de 25 A

3.14.10.1 Diagrama de conexión del sistema fotovoltaico.

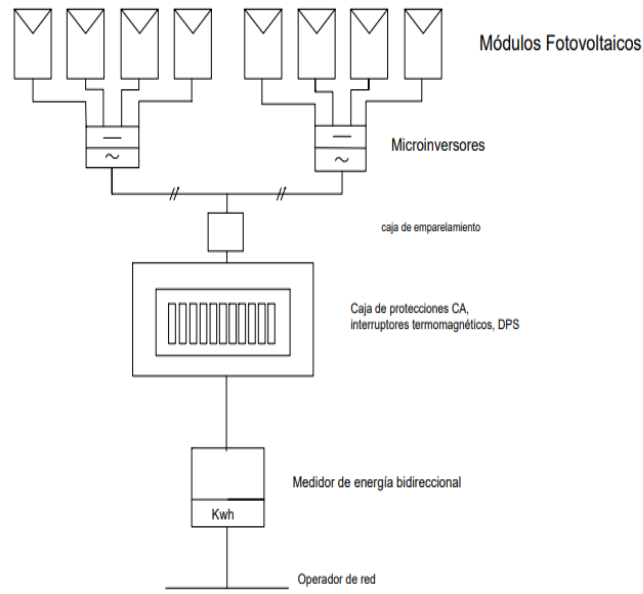


Figura 42. Diagrama de conexión del sistema fotovoltaico

3.14.11 Sistema de puesta a tierra

Todas las estructuras metálicas del sistema fotovoltaico estarán sólidamente conectadas al sistema de puesta a tierra mediante alambre de cobre desnudo número 14, las estructuras metálicas de los paneles y microinversores se conectarán al SPT a través de conectores bimetálicos.

3.15 Análisis de costos

Para realizar el análisis del costo de la instalación se calcula el valor individual de los equipos a utilizar en las instalaciones eléctricas y sistema fotovoltaico conectado a la red para lo cual se tiene en cuenta lo siguiente:

- Conductores eléctricos teniendo en cuenta el calibre, tipo de conductor seleccionado y longitud del circuito.
- Dependiendo del número de ramales y corriente de cada uno seleccionar los breakers.
- Luminarias utilizadas en DIALux evo con el respectivo portalámparas e interruptor si es necesario.
- Tablero de distribución principal ubicado en la sacristía.
- Tomacorrientes según las salidas establecidas.

- Dispositivos y conexiones contra descargas atmosféricas y sistema de puesta a tierra.
- Elementos y conexiones para el sistema fotovoltaico conectado a la red tales como paneles, microinversores, conductores, puntas para conexiones, DPS, equipos para protección del sistema.

Para el análisis de costos no se tiene en cuenta el valor de las tuberías, cajas octogonales, ya instalados en el templo; solo se realiza el análisis para la extensión de tubería si es necesario.

Análisis de costos				
Actividad	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Tomacorriente doble monofásico		28	5900	165.200
Reflector 100 RGB Sylvania	u	2	133000	266000
Reflector 50 exteriores w luz cálida	u	15	62900	943500
Reflector exteriores 80 W	u	4	98910	395640
Bombilla led bulb 14 W	u	13	30990	402935
True force core HB 70 W	u	2	60.000	120000
Led emergencia aplique	u	19	103900	1974100
Proyector TR SP ZOOM DIM D85 25 W	u	20	56000	1120000
Tablero de distribución de 24 circuitos bifásico/ puerta	u	1	229.300	229.300
Breaker 15 A	u	6	14.900	89.400
Breaker 20 A	u	2	14.900	29.800
Breaker 40 A	u	1	14.900	14.900
Alambre THHN/THWN-2 calibre 8 AWG centelsa color negro	m	70	5000	350000
Alambre THHN/THWN-2 calibre 8 AWG centelsa color rojo	m	70	5000	350000
Alambre THHN/THWN-2 calibre 8 AWG centelsa color blanco	m	70	5000	350000
Alambre THHN/THWN-2 calibre 8 AWG centelsa color verde	m	70	5000	350000
Alambre calibre 14 AWG centelsa color negro	m	200	1850	370000
Alambre calibre 14 AWG centelsa color blanco	m	200	1850	370000
Alambre calibre 14 AWG centelsa color verde	m	100	1850	185000
Medidor bidireccional	u	1	752840	752840
Módulos fotovoltaicos	u	8	720.000	5760000
Microinversores incluye cable para conexiones	u	2	1'610.000	3220000

Varilla de cobre 2,4 m con conector	u	1	256000	256000
Tubo galvanizado ½" x 12 "	u	5	30590	152900
Costo de la instalación				

Tabla 24. Análisis de costos de la instalación eléctrica

Conclusiones:

- Se realizó el diseño de las instalaciones eléctricas para el templo parroquial, teniendo en cuenta los reglamentos y normas colombianas para así dar cumplimiento a los objetivos inicialmente trazados.
- Para el diseño de iluminación, se recopiló la información sobre el tipo de iluminación deseada, tonalidad de la luz, actividades a realizar y exigencias por parte del cliente; posteriormente se realizó el diseño según lo estipulado en el RETILAP para este tipo de instalación y criterio del diseñador.
- Se realizaron los diseños eléctricos para todas las locales y fachada del templo, tomando en cuenta los requerimientos de la norma CENS para el punto de conexión a la red, calculando pérdida de potencia, demanda máxima y regulación de voltaje para garantizar el buen funcionamiento de cada circuito ramal.
- Para garantizar la confiabilidad de las instalaciones eléctricas, se seleccionaron materiales reconocidos por su alta calidad junto con los dispositivos de protección apropiados para disminuir las fallas del sistema. Para ello elaboro una lista de materiales de LEDVANCE, SYLVANIA, PHILIPS, CELTELSA

BIBLIOGRAFIA

Novum solar. Que es un sistema solar conectado a la red y como funciona. [Consultado el 13 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://novumsolar.com/sistema-solar-conectado-a-red/>

Ministerio de Minas y Energía. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE. 2008 Bogotá. 205 p. [consultado el 13 de septiembre de 2021].

Disponible en: <https://isbn.cloud/9789589860335/reglamento-tecnico-de-instalaciones-electricas-retie/>

Ministerio de Minas y Energía. Reglamento Técnico de Instalación y alumbrado público RETILAP. Bogotá. 229 p. [consultado el 14 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/23517/20729-7853.pdf>

BAQUE VILLACRESES, Lilibeth. Implementación de un sistema de iluminación mediante tirasflexibles LED con encapsulado SMD para la iglesia san Lorenzo de Jipijapa [en línea]. Manabí. 2019, 97 p. [consultado el 10 de septiembre de 2021].

Disponible en: <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1590/1/UNESUM-ECU-REDES-2019-36.pdf>

PALACIOS, Víctor. Manual de Iluminación e Instalaciones Eléctricas en Recintos Religiosos [en línea]. Ciudad de México. 2017, 39 p. [consultado el 10 de septiembre de 2021]. disponible en:

<http://148.202.167.116:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1344/Manual%20de%20iluminaci>

<http://148.202.167.116:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1344/Manual%20de%20iluminaci%C3%B3n%20e%20instalaciones%20el%C3%A9ctricas%20en%20recintos%20religiosos.pdf?sequence=1>

[nce=1&isAllowed=y](#)

DAVILA ALBA, Edison. Diseño de un sistema de iluminación con energía fotovoltaica para el Instituto educativo María Montessori de la ciudad de Cúcuta [en línea]. Cúcuta. 2020, 8 p. [consultado el 13 de septiembre de 2021]. Disponible en:

<http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/4735/1/2021EdisonVladimirDavilaAlba.pdf>

Espitia Rey, Claudia. Guía metodológica para la implementación de sistemas fotovoltaicos a pequeña escala en Colombia [en línea]. Bucaramanga. 2017, 131 p. [consultado el 13 de septiembre de 2021]. disponible en:

<https://repositorio.udes.edu.co/bitstream/001/659/1/Gu%c3%ada%20metodo%20metodol%c3%b3gica%20para%20la%20implementaci%c3%b3n%20de%20sistemas%20fotovoltaicos%20a%20peque%c3%b1a%20escala%20en%20Colombia.pdf>

PACAVITA AVILA, Jose. Plataforma de aprendizaje para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos a pequeña escala en Colombia [en línea]. Tunja. 2019, 54 p. [consultado el 14 de septiembre de 2021]. Disponible en:

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/18596/2019josepacavita.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CONTRERAS RODRIGUEZ, Manuel. Diseño de un sistema eléctrico alimentado con energía solar fotovoltaica para la empresa GOG INGENIERIA ELECTRICA LTDA. de la ciudad de Cúcuta, norte de Santander [en línea]. Cúcuta. 2021, 24 p. [consultado el 14 de septiembre de 2021]. Disponible en:

<http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/4739/1/2021ManuelAdrianContrerasRodriguez.pdf>

CAICEDO PLUA, Christian y PINARGOTE PLUA, Jessenia. Diseño de un sistema luminotécnico y de ahorro energético con tecnología LED para la capilla cristo del consuelo del cantón Jipijapa [en línea]. MANABÍ. 201, 93 p. [consultado el 14 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/999/1/UNESUM-ECU-REDES-2017-35.pdf>

LEÓN QUIROGA, Astrid. Diseño de un sistema eléctrico de iluminación para la remodelación del hospital regional de Sangil con énfasis en cálculo, simulación y

cumplimiento del reglamentotécnico de iluminación y alumbrado público RETILAP [en línea]. Villa del Rosario. 2017, 108 p.[consultado el 15 de septiembre de 2021].

Disponible en: <http://aplicaciones.unipamplona.edu.co/prestamo/> Iluminet. (2018).

construlita . Obtenido de Iluminet: <https://www.iluminet.com/dialuxconstrulita-beca/>

Anexos

Anexo A resultados obtenidos en DIALux evo de los locales del templo.

Objetos de cálculo

Planos útiles

Propiedades	E (Nominal)	E _{min}	E _{máx}	g ₁	g ₂	Índice
Plano útil (Local 12) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.750 m, Zona marginal: 0.000 m	212 lx (≥ 150 lx) ✓	146 lx	239 lx	0.69	0.61	WP5
Plano útil (Baño 2) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.750 m, Zona marginal: 0.000 m	199 lx (≥ 150 lx) ✓	141 lx	224 lx	0.71	0.63	WP6
Plano útil (Sacristía) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	256 lx (≥ 250 lx) ✓	104 lx	322 lx	0.41	0.32	WP8
Plano útil (Bodega) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	151 lx (≥ 100 lx) ✓	72.4 lx	221 lx	0.48	0.33	WP9
Plano útil (circulación de personas) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	147 lx (≥ 145 lx) ✓	2.13 lx	662 lx	0.014	0.003	WP10
Plano útil (Resteros) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.850 m, Zona marginal: 0.000 m	165 lx (≥ 100 lx) ✓	34.6 lx	209 lx	0.21	0.17	WP11

Anexo B ubicación de lámparas y resultados obtenidos para cada local

Iluminación en baños

Edificación 1 · Planta (nivel) 1 · Baño 2

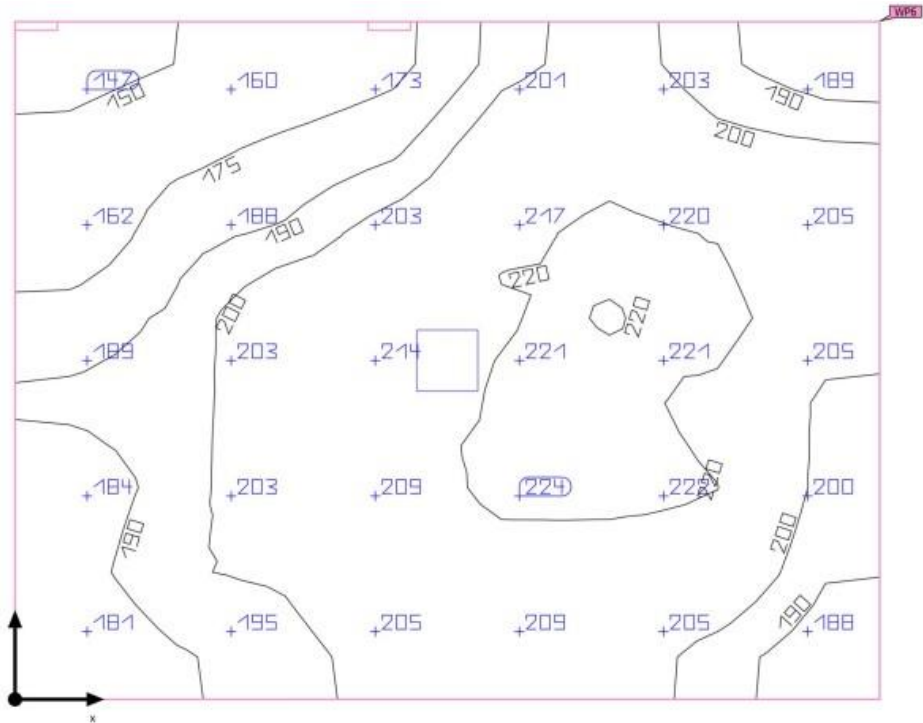
Plano de situación de luminarias



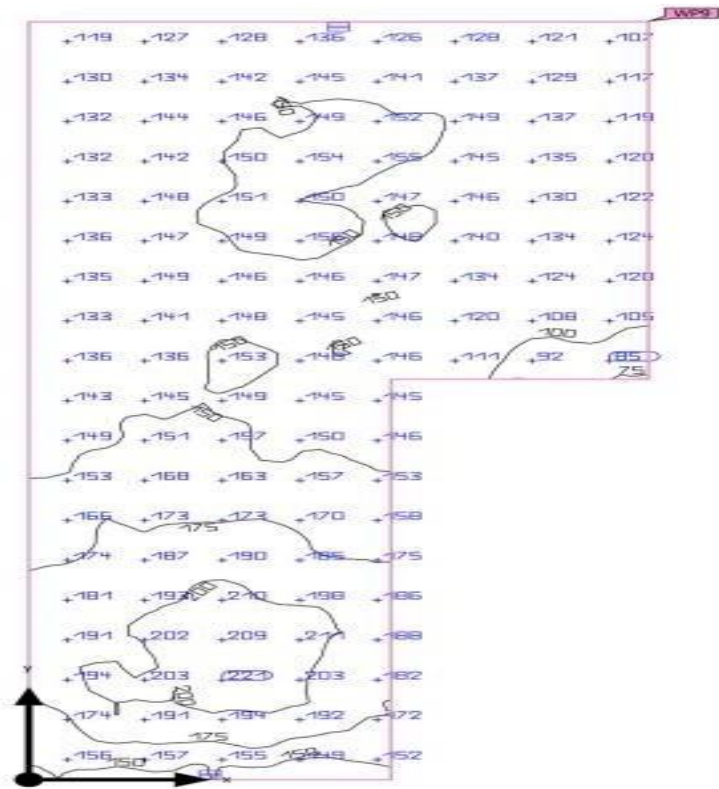
Fabricante	Philips	P	14,0 W
Lámpara	1x 9290023128 6500K 14W	ΦLuminaria	1304 lm

1 x Philips ledbulb_ess_14w_a19_e27_865_fr-ies.ies

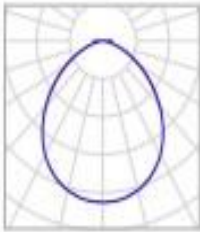
Tipo	Disposición en campo	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	0.765 m / 0.600 m / 3.000 m	0.765 m	0.600 m	3.000 m	1
Dirección X	1 Uni., Centro - centro, 1.530 m				
Dirección Y	1 Uni., Centro - centro, 1.289 m				



Iluminación en bodega



Plano de situación de luminarias



Fabricante	LEDVANCE	P	50.0 W
Nº de artículo	4058075421240	$\Phi_{Luminaria}$	5500 lm
Nombre del artículo	FL PFM 50W/3000K SYM 100 WT		
Lámpara	1x LED 3000K / CRI >= 80		

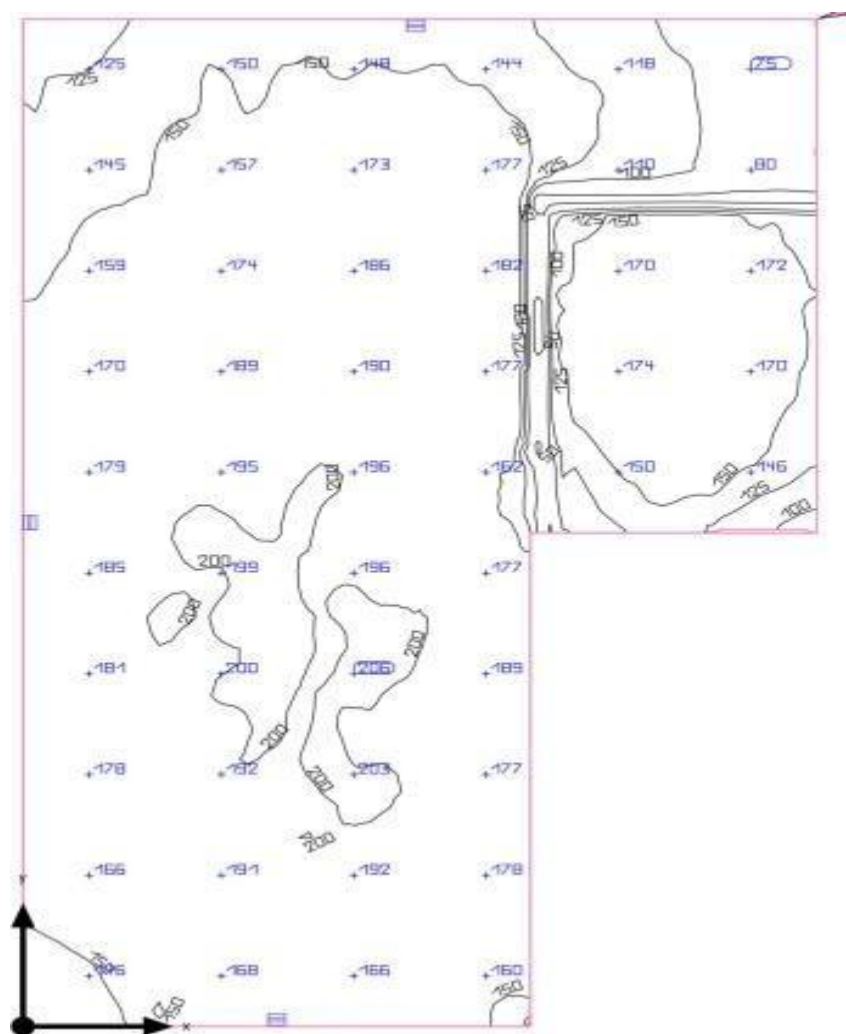
1 x LEDVANCE FL PFM 50W/3000K SYM 100 WT

Tipo	Disposición en línea	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	1.345 m / 0.034 m / 5.000 m	1.345 m	0.034 m	5.000 m	1
Dirección X	1 Uni., Centro - centro, 2.689 m				
Organización	A1				

1 x LEDVANCE FL PFM 50W/3000K SYM 100 WT

Tipo	Disposición en línea	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	2.300 m / 10.988 m / 6.000 m	2.300 m	10.988 m	6.000 m	2
Dirección X	1 Uni., Centro - centro, 4.600 m				

Iluminación en resteros



Plano de situación de luminarias

Fabricante	LEDVANCE	P	50.0 W
Nº de artículo	4058075421240	$\Phi_{\text{Luminaria}}$	5500 lm
Nombre del artículo	FL PFM 50W/3000K SYM 100 WT		
Lámpara	1x LED 3000K / CRI >= 80		

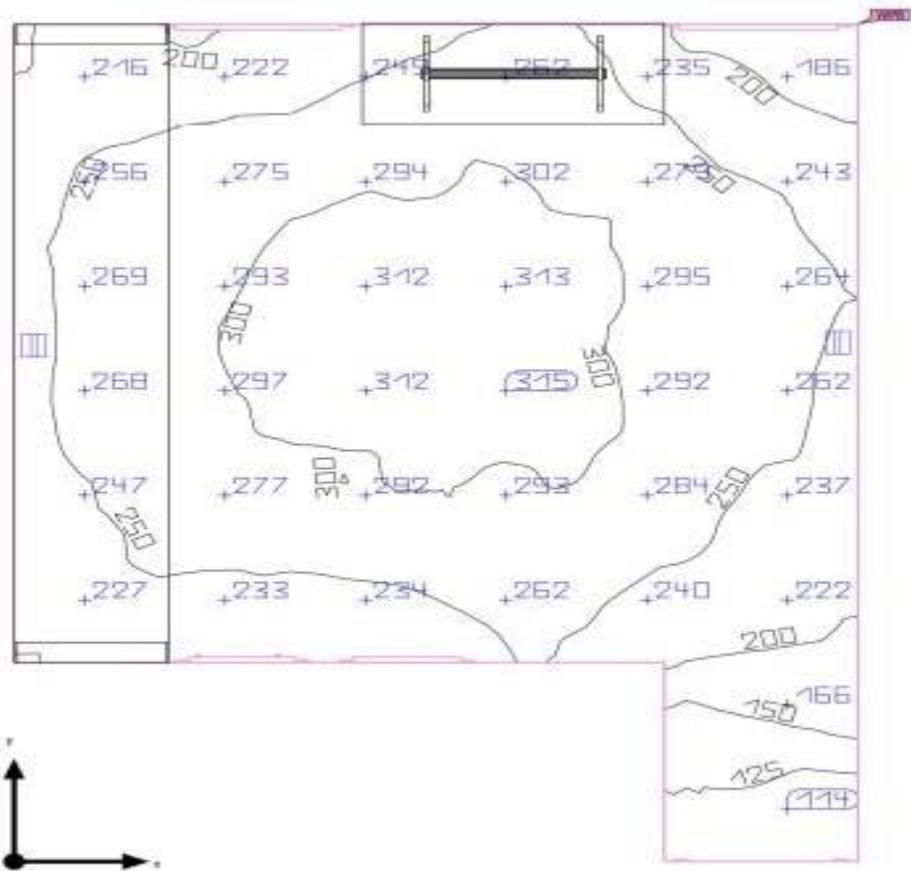
1 x LEDVANCE FL PFM 50W/3000K SYM 100 WT

Tipo	Disposición en línea	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	2.300 m / 0.037 m / 6.000 m	2.300 m	0.037 m	6.000 m	1
Dirección X	1 Uni., Centro - centro, 4.600 m				
Organización	A1				

1 x LEDVANCE FL PFM 50W/3000K SYM 100 WT

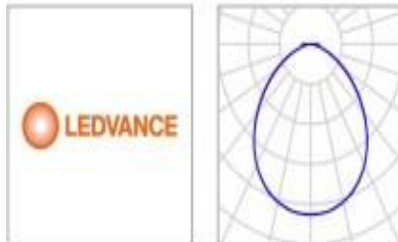
Tipo	Disposición en línea	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	3.560 m / 11.088 m / 6.000 m	3.560 m	11.088 m	6.000 m	2
Dirección X	1 Uni., Centro - centro, 7.200 m				
Organización	A2				

Iluminación en sacristía



Edificación 1 · Planta (nivel) 1 · Sacristía

Plano de situación de luminarias

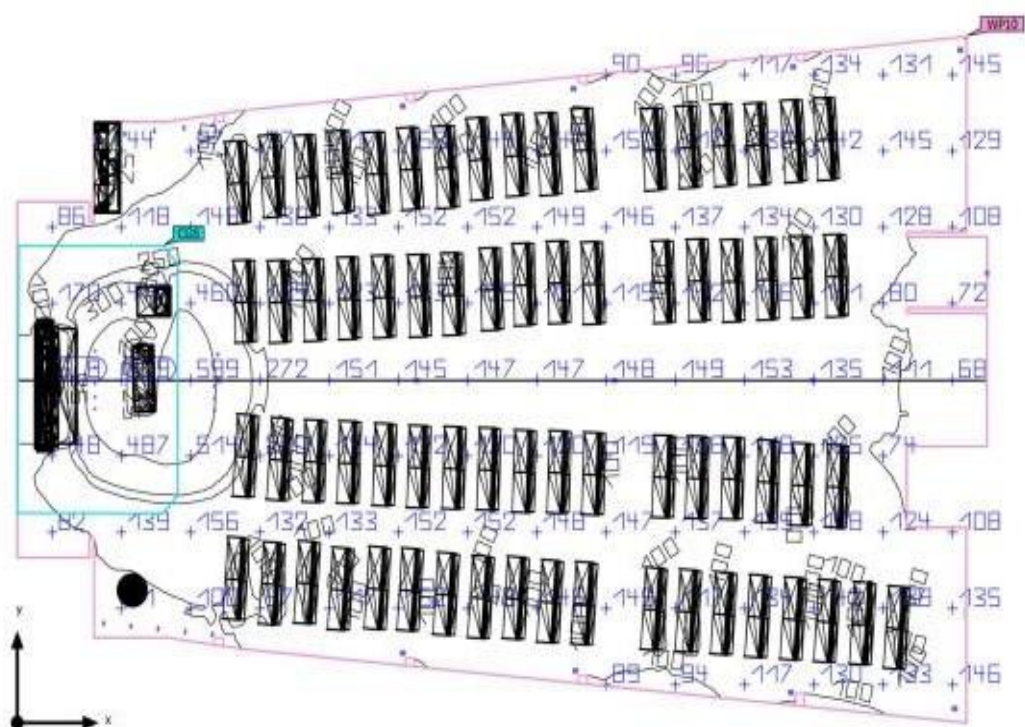


Fabricante	LEDVANCE	P	50.0 W
Nº de artículo	4058075421240	$\Phi_{\text{Luminaria}}$	5500 lm
Nombre del artículo	FL PFM 50W/3000K SYM 100 WT		
Lámpara	1x LED 3000K / CRI >= 80		

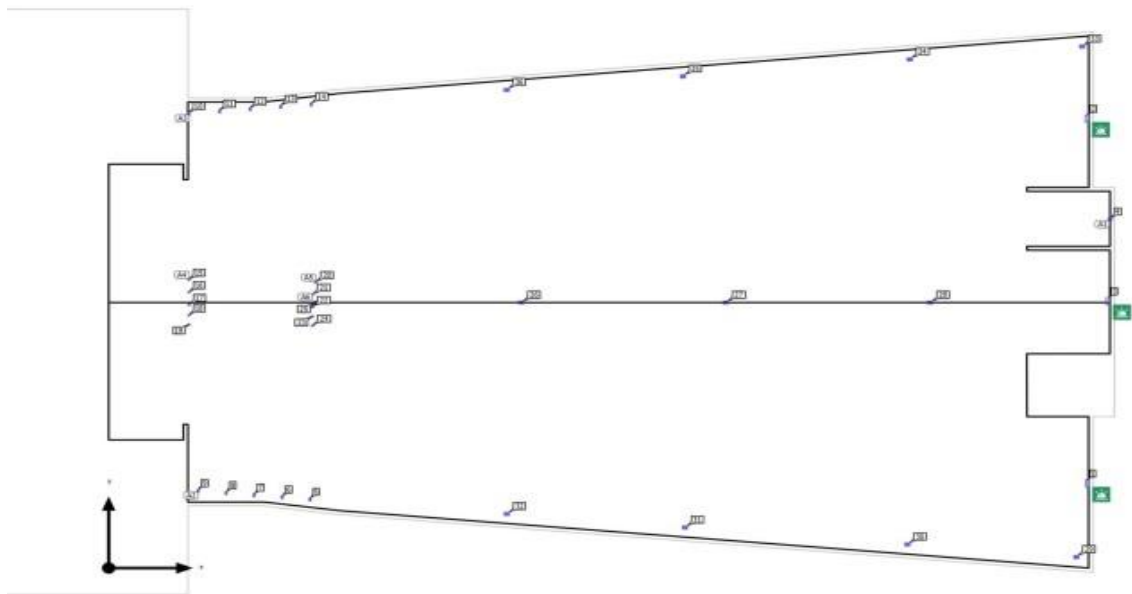
2 x LEDVANCE FL PFM 50W/3000K SYM 100 WT

Tipo	Disposición en línea	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	0.064 m / 3.499 m / 5.000 m	0.064 m	3.499 m	5.000 m	1
Dirección X	2 Uni., Centro - centro, Distancias desiguales	4.296 m	3.517 m	5.000 m	2
Organización	A1				

Iluminación circulación de personas

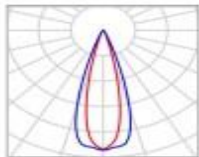


Ubicación de las luminarias



Edificación 1 · Planta (nivel) 1 · circulación de personas

Plano de situación de luminarias



Fabricante	LEDVANCE	P	25.0 W
Nº de artículo	4058075335806	Φ _{Luminaria}	1495 lm
Nombre del artículo	TR SP ZOOM D85 25W 3000K DIM 97R BK 25DEG		
Lámpara	1x LED 3000K / CRI >= 97		

5 x LEDVANCE TR SP ZOOM D85 25W 3000K DIM 97R BK 25DEG

Tipo	Disposición en línea	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	6.607 m / 2.606 m / 4.850 m	6.607 m	2.606 m	4.850 m	5
Dirección X	5 Uni., Centro - centro, 0.923 m	5.687 m	2.689 m	4.850 m	6
Organización	A2	4.767 m	2.771 m	4.850 m	7
		3.848 m	2.854 m	4.850 m	8
		2.928 m	2.937 m	4.850 m	9

5 x LEDVANCE TR SP ZOOM D85 25W 3000K DIM 97R BK 25DEG

Tipo	Disposición en línea	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	2.629 m / 17.586 m / 4.894 m	2.629 m	17.586 m	4.894 m	10
Dirección X	5 Uni., Centro - centro, 1.009 m	3.634 m	17.676 m	4.894 m	11
		4.639 m	17.767 m	4.894 m	12
Organización	A3	5.644 m	17.857 m	4.894 m	13

Edificación 1 · Planta (nivel) 1 · circulación de personas

Plano de situación de luminarias

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
6.649 m	17.948 m	4.894 m	14

5 x LEDVANCE TR SP ZOOM D85 25W 3000K DIM 97R BK 25DEG

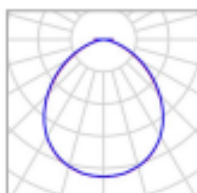
Tipo	Disposición en línea	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	2.633 m / 11.135 m / 10.000 m	2.633 m	11.135 m	10.000 m	15
Dirección X	5 Uni., Centro - centro, Distancias desiguales	2.633 m	10.649 m	10.000 m	16
		2.633 m	10.163 m	10.000 m	17
Organización	A4	2.633 m	9.759 m	10.000 m	18
		2.633 m	9.404 m	10.000 m	19

5 x LEDVANCE TR SP ZOOM D85 25W 3000K DIM 97R BK 25DEG

Tipo	Disposición en línea	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	6.802 m / 11.037 m / 10.608 m	6.802 m	11.037 m	10.608 m	20
Dirección X	5 Uni., Centro - centro, Distancias desiguales	6.695 m	10.558 m	10.000 m	21
		6.695 m	10.078 m	10.000 m	22
Organización	A5	6.695 m	9.713 m	10.000 m	23
		6.695 m	9.362 m	10.000 m	24

Edificación 1 · Planta (nivel) 1 · circulación de personas

Plano de situación de luminarias



Fabricante	LEDVANCE	P	50.0 W
Nº de artículo	4058075421240	Φ Luminaria	5500 lm
Nombre del artículo	FL PFM 50W/3000K SYM 100 WT		
Lámpara	1x LED 3000K / CRI >= 80		

Luminarias individuales

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
31.769 m	0.387 m	5.000 m	29
26.222 m	0.874 m	5.000 m	30
18.918 m	1.527 m	5.000 m	31
13.068 m	2.053 m	5.000 m	32
31.961 m	20.183 m	5.000 m	33
26.297 m	19.682 m	5.000 m	34
18.848 m	19.027 m	5.000 m	35
13.063 m	18.505 m	5.000 m	36

Edificación 1 · Planta (nivel) 1 · circulación de personas

Plano de situación de luminarias



Fabricante	LEDVANCE	P	80.0 W
Nº de artículo	4058075422520	$\Phi_{\text{Luminaria}}$	10000 lm
Nombre del artículo	FL PFM 80W/4000K SYM 100 BK		
Lámpara	1x LED 4000K / CRI >= 80		

4 x LEDVANCE FL PFM 80W/4000K SYM 100 BK

Tipo	Disposición en línea	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	6.822 m / 10.255 m / 10.000 m	6.822 m	10.255 m	10.000 m	25
Dirección X	4 Unl., Centro - centro, 6.715 m	13.537 m	10.255 m	10.000 m	26
Organización	A6	20.252 m	10.255 m	10.000 m	27
		26.967 m	10.255 m	10.000 m	28

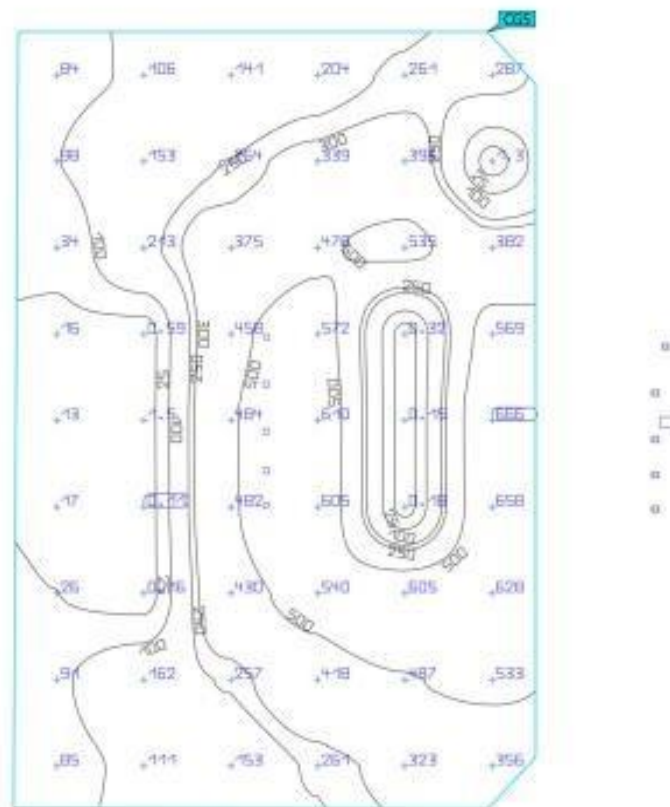
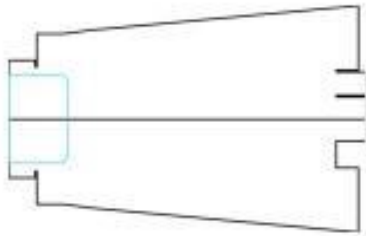
Edificación 1 · Planta (nivel) 1 · circulación de personas

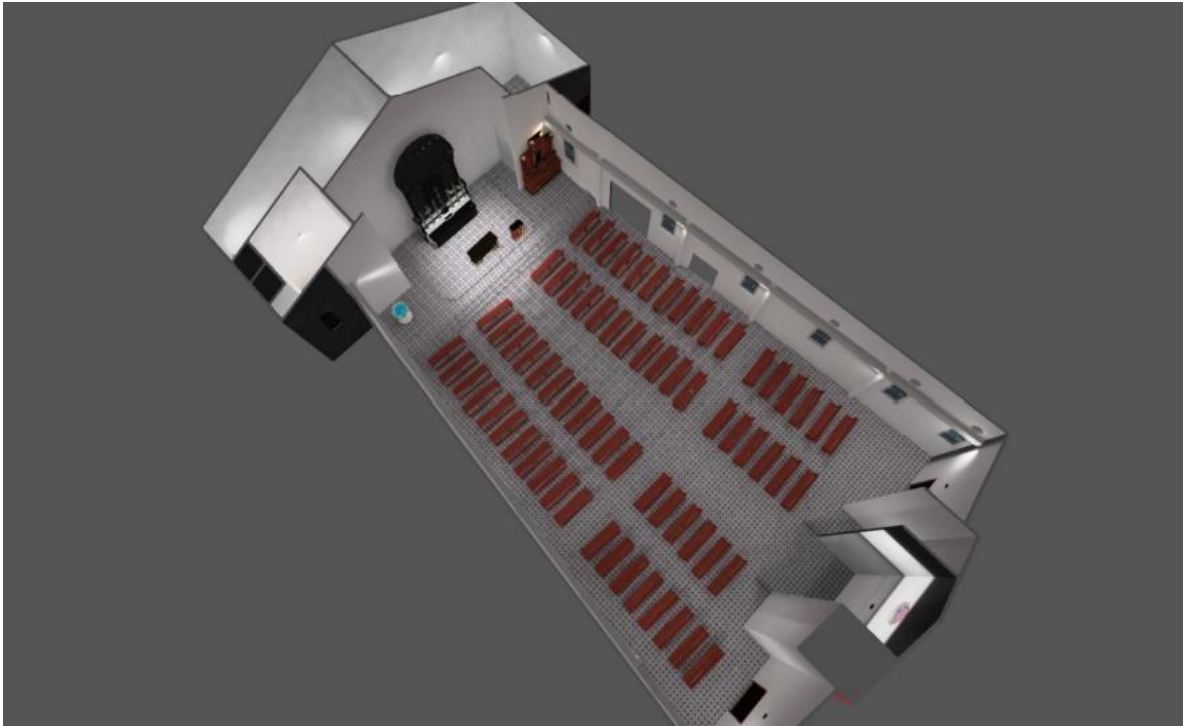
Lista de luminarias

Φ_{total} 115209 lm		P_{total} 1233.0 W		Rendimiento lumínico 93.4 lm/W		$\Phi_{Alumbrado\ de\ emergencia}$ 1047 lm		$P_{Alumbrado\ de\ emergencia}$ 7.8 W	
Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico			
20	LEDVANCE	4058075335806	TR SP ZOOM D85 25W 3000K DIM 97R BK 25DEG	25.0 W	1495 lm	59.8 lm/W			
8	LEDVANCE	4058075421240	FL PFM 50W/3000K SYM 100 WT	50.0 W	5500 lm	110.0 lm/W			
4	LEDVANCE	4058075422520	FL PFM 80W/4000K SYM 100 BK	80.0 W	10000 lm	125.0 lm/W			
1	Philips			13.0 W	1309 lm	100.7 lm/W			
3	SYLVANIA	Luminaria LED	P26848-LED EMERG APLIQUE 4W 	2.6 W	349 lm (100 %)	-			

Escena de luz para presbítero

Superficie de cálculo 9







Anexo C Diagramas unifilares

Diagrama unifilar tablero principal

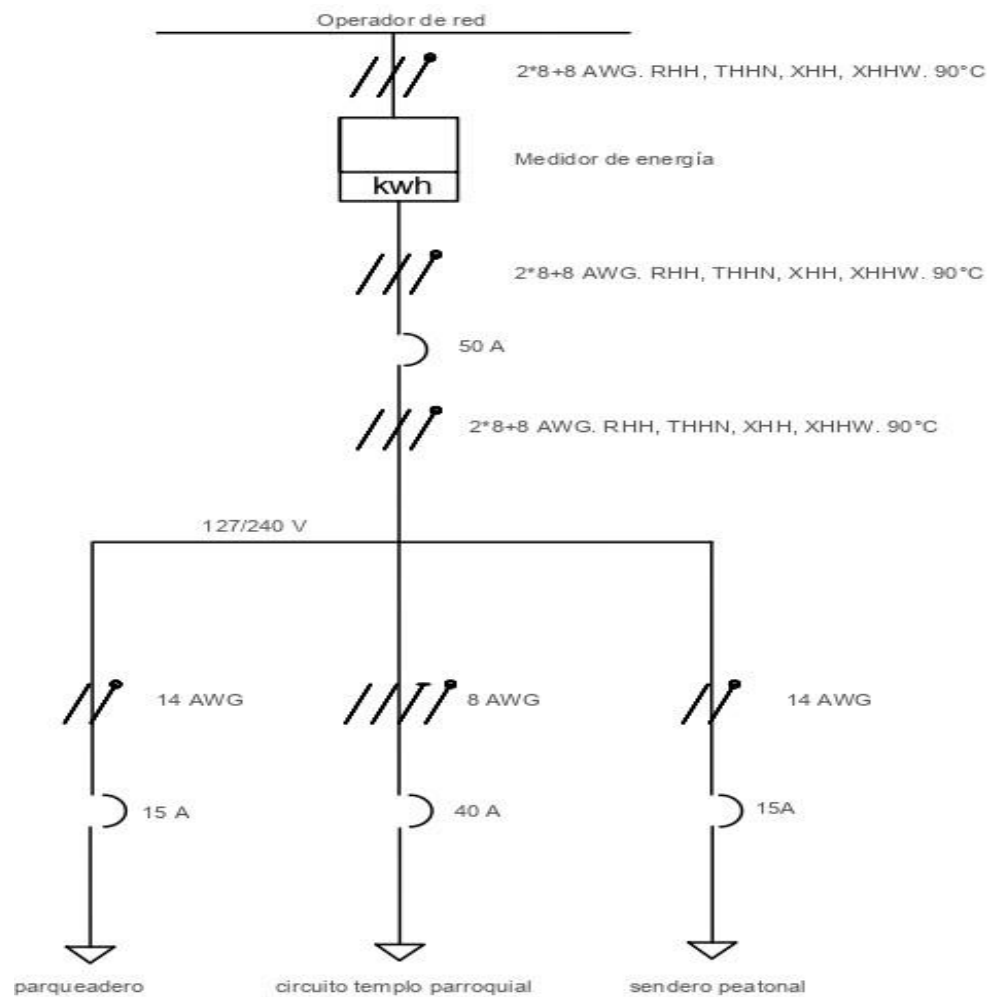
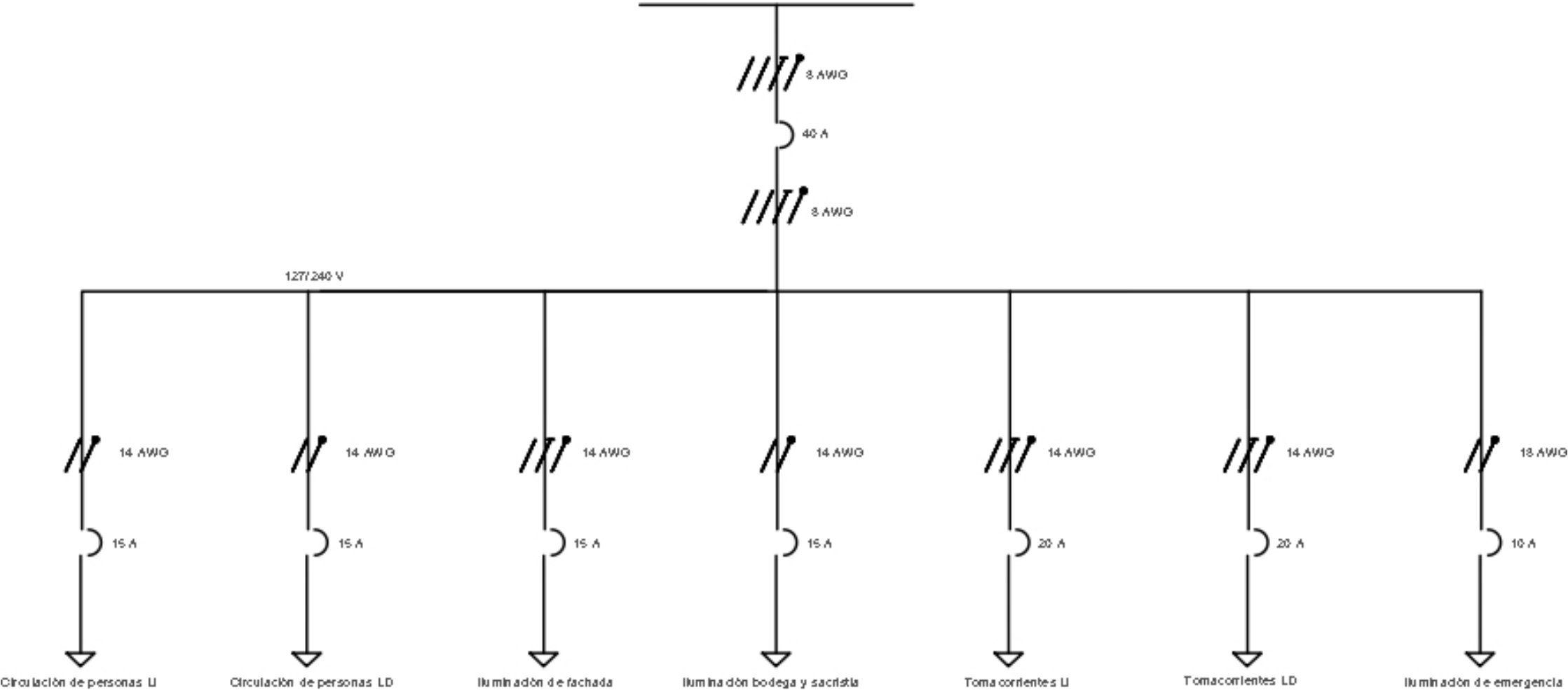
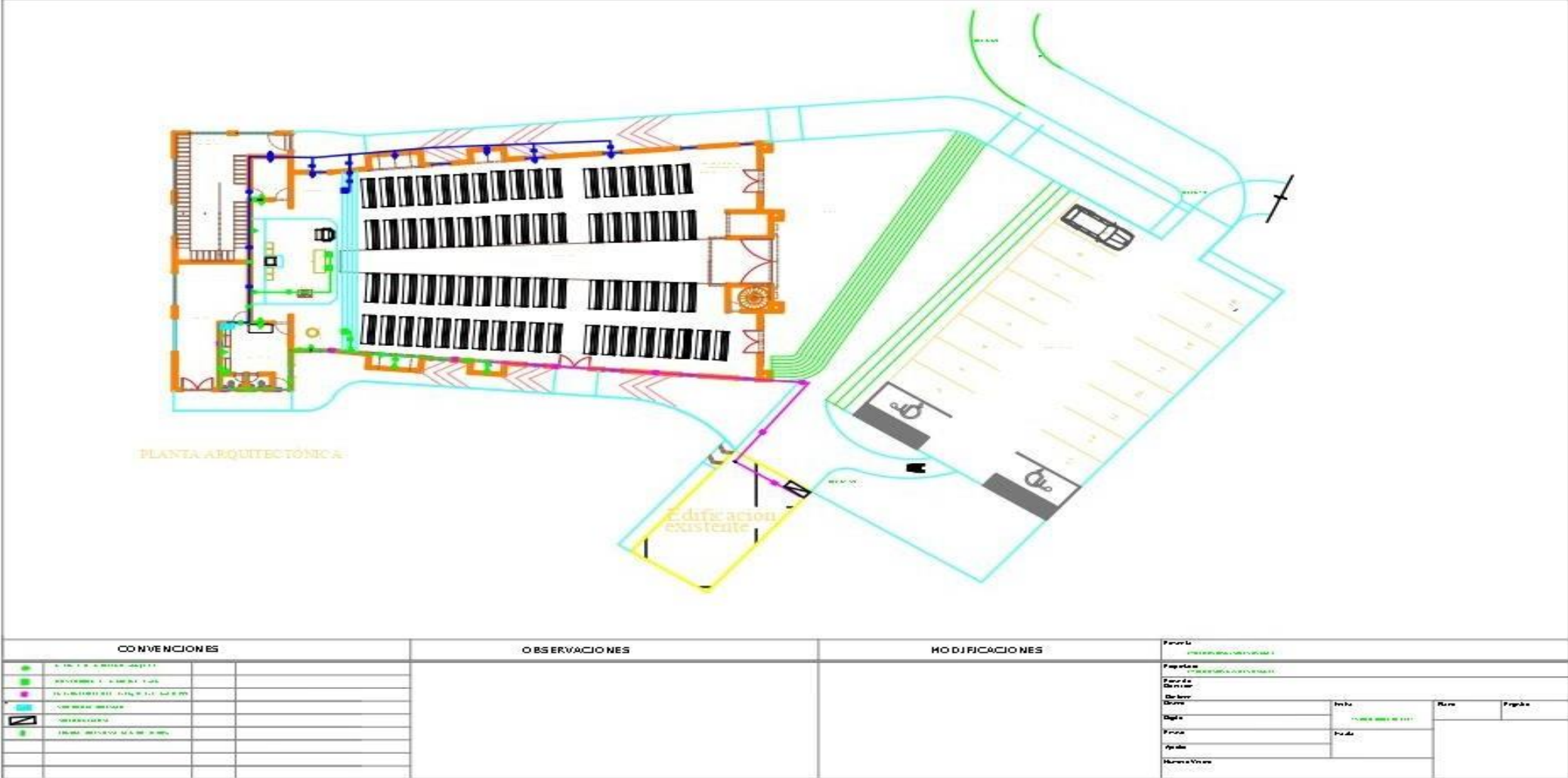


Diagrama unifilar tablero de distribución del templo parroquial



Distribución de toma corriente



Distribución de iluminación

