

**DISEÑO DE RED SOTERRADA EN BAJO VOLTAJE QUE
PERMITA LA INCORPORACIÓN DE UNA MICRO-RED PARA
EL PROYECTO SOCIAL ECOTURÍSTICO CERRO LA LUZ**



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA SEDE QUITO
CARRERA DE ELECTRICIDAD**

**DISEÑO DE RED SOTERRADA EN BAJO VOLTAJE QUE
PERMITA LA INCORPORACIÓN DE UNA MICRO-RED PARA
EL PROYECTO SOCIAL ECOTURÍSTICO CERRO LA LUZ**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Eléctrico

AUTOR: CÉSAR ANTONIO ZAPATA AYALA
TUTOR: EDWIN MARCELO GARCÍA TORRES

Quito -Ecuador

2022

César Antonio Zapata Ayala

DISEÑO DE RED SOTERRADA EN BAJO VOLTAJE QUE PERMITA LA INCORPORACIÓN DE UNA MICRO-RED PARA EL PROYECTO SOCIAL ECOTURÍSTICO CERRO LA LUZ

Universidad Politécnica Salesiana, Quito – Ecuador 2022

Ingeniería Eléctrica

Breve reseña histórica e información de contacto.



César Antonio Zapata Ayala (Y'1999). Realizó sus estudios de nivel secundario en el Colegio Técnico Salesiano Don Bosco de la ciudad de Quito, se graduó de bachiller técnico en la especialidad de Instalaciones, Equipos y Maquinas Eléctricas. Egresado de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana. Su trabajo se basa en diseño eléctrico bajo normativa local con beneficios provenientes de la red de distribución y energías renovables. czapataa@est.ups.edu.ec

Dirigido por:



Edwin Marcelo García Torres (Y'1978 – SM10). Se graduó en Ingeniería Eléctrica en la Universidad Politécnica Salesiana, Master en Gestión de Energía y cuenta con doctorado en Ingeniería en la Universidad Pontificia Bolivariana. Área de interés: respuesta a la demanda, sistemas de automatización. Actualmente es miembro del Girei (Grupo de Investigación en Redes Eléctricas Inteligentes - Smart Grid Research Group). egarcia@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados:

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con la autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos o investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS
©2022 Universidad Politécnica Salesiana
QUITO - ECUADOR

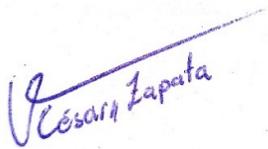
**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, César Antonio Zapata Ayala con documento de identificación N°
1725562340 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro
la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de
manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 03 de mayo del año 2022

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink that reads "César Zapata". The signature is written in a cursive style and is positioned above a horizontal dashed line.

César Antonio Zapata Ayala

1725562340

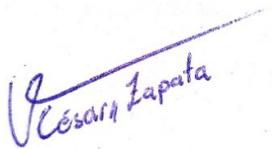
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, César Antonio Zapata Ayala con documento de identificación No. 1725562340, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: “Diseño de red soterrada en bajo voltaje que permita la incorporación de una Micro-red para el Proyecto Social Ecoturístico Cerro la Luz”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 03 de mayo del año 2022

Atentamente,



César Antonio Zapata Ayala

1725562340

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Edwin Marcelo García Torres con documento de identificación N° 1803087400, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE RED SOTERRADA EN BAJO VOLTAJE QUE PERMITA LA INCORPORACIÓN DE UNA MICRO-RED PARA EL PROYECTO SOCIAL ECOTURÍSTICO CERRO LA LUZ, realizado por César Antonio Zapata Ayala con documento de identificación N° 1725562340, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 03 de mayo del año 2022

Atentamente,



Ing. Edwin Marcelo García Torres M.Sc.

1803087400

DEDICATORIA

El presente Proyecto Técnico se lo dedico principalmente a mis padres, Mónica y Julio que siempre me han apoyado y han sido pilar fundamental para mi formación tanto personal como académica, también a mi hermana que desde el cielo me ha protegido, siendo mi guía en el transcurso de mi corta vida.

A toda mi familia y a las personas que considero parte de mi familia, por su apoyo sincero e incondicional y por estar junto a mí en buenos y malos momentos.

AGRADECIMIENTOS

El agradecimiento fundamental es para mis Padres y toda mi familia en donde me han sabido guiar por el buen camino con valores y principios, en donde me han inculcado que, sin importar los inconvenientes, los objetivos se pueden alcanzar con sacrificio, respeto y lealtad.

Agradezco a la comunidad Salesiana de la cual he sido parte desde el colegio en donde me han enseñado que un buen profesional va de la mano con una buena persona.

Finalmente, agradezco a todos los maestros que ha de más de llenarme de sabiduría, han confiado en mí, como lo son mi tutor de tesis el Ing. Marcelo García y mi director de carrera el Ing. Alexander Águila. También a todas las personas que han formado parte de mi crecimiento como lo son: conocidos, amigos, maestros y familia.

ÍNDICE

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	iii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
GLOSARIO	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN	xx
Introducción	xx
Objetivo General	xxi
Objetivos Específicos.....	xxi
Descripción del Problema	xxii
Alcance.....	xxii
Metodología	xxiii
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Redes de distribución	1
1.1.1 Niveles de voltaje.....	2
1.1.2 Caída de voltaje.....	3
1.1.3 Red de distribución aérea	3

1.1.4	Red de distribución soterrada.....	4
1.2	Estudio de la demanda.....	4
1.3	Tableros eléctricos de bajo voltaje	4
1.3.1	Normativa para tableros eléctricos.....	4
1.3.2	Tablero Principal (TDP).....	5
1.3.3	Tablero de medición.....	5
1.3.4	Tablero Secundario	5
1.3.5	Tablero de transferencia.....	5
1.4	Elementos de protección	5
1.4.1	Fusible NH	5
1.4.2	Interruptor general.....	5
1.4.3	Interruptor derivado	5
1.4.4	Interruptor termomagnético	6
1.5	Iluminación Artificial	6
1.5.1	Iluminación exterior.....	6
1.5.2	Iluminación interior.....	7
1.5.3	Magnitudes fotométricas.....	7
1.5.4	Repercusión de la luz sobre superficies	8
1.5.5	Contaminación lumínica	10
1.6	Micro-red.....	10
1.6.1	Tipos de Micro-red.....	12
1.6.2	Micro-red en modo isla	12
1.6.3	Micro-red en modo conectado a la red.....	14
1.6.4	Componentes de una Micro-red	14
1.7	Generación Distribuida.....	18
1.7.1	Tipos de Generación Distribuida	18
1.7.2	Modelos de mercado en sistemas fotovoltaicos con conexión a la red	20

CAPÍTULO II	24
CRITERIOS DE DISEÑO	24
2.1 Diseño de red soterrada	24
2.1.1 Corriente del circuito.....	24
2.1.2 Caída de voltaje.....	24
2.1.3 Pozos para red de distribución	25
2.1.4 Banco de ductos	26
2.1.5 Protecciones	27
2.1.6 Conductores	28
2.1.7 Transformadores de distribución.....	30
2.1.8 Transición de red aérea a red soterrada.....	30
2.2 Estudio de la demanda.....	31
2.2.1 Carga instalada (Ci).....	31
2.2.2 Factor de frecuencia de uso por carga individual (FFUn)	31
2.2.3 Carga instalada representativa (CIR)	31
2.2.4 Factor de simultaneidad para carga individual (FSn)	31
2.2.5 Demanda máxima unitaria (DMU)	31
2.2.6 Factor de potencia (FP)	32
2.2.7 Factor de demanda (FDM).....	32
2.3 Iluminación artificial	32
2.3.1 Iluminación exterior	32
2.3.2 Iluminación interior.....	33
2.4 Micro-red.....	33
2.4.1 Cálculo del consumo energético	33
2.4.2 Sistema fotovoltaico.....	34
2.4.3 Sistema de almacenamiento de energía (ESS).....	35
CAPÍTULO III.....	37

MEMORIA TÉCNICA	37
3.1 Descripción.....	37
3.2 Ubicación de pozos de revisión eléctricos	38
3.3 Estudio de la demanda.....	39
3.3.1 Cálculo de corrientes.....	40
3.3.2 Protecciones	41
3.4 Diseño eléctrico.....	41
3.4.1 Características de la red primaria.....	41
3.4.2 Diseño eléctrico de red secundaria de BV	42
3.4.3 Circuito de alimentación principal de BV.....	42
3.4.4 Circuitos Secundarios de BV	42
3.4.5 Diseño eléctrico interior	44
3.5 Conexiones a tierra	44
3.6 Análisis de iluminación	44
3.6.1 Análisis de iluminación exterior	44
3.6.2 Resultados de Análisis de iluminación exterior	46
3.6.3 Análisis de iluminación interior	47
3.7 Cálculo de Energía para dimensionamiento.....	48
3.8 Hora solar pico	48
3.9 Cálculo de paneles fotovoltaicos.....	49
3.9.1 Características del PV	49
3.9.2 Área de tejados.....	50
3.9.3 Cálculo de PV acorde a la HSP más baja.....	52
3.10 Cálculo para el sistema de almacenamiento	53
3.10.1 Características de la batería.....	53
3.10.2 Numero de baterías necesarias	53
3.11 Modelado del rendimiento energético del sistema PV	54

3.11.1	Descripción del sistema.....	55
3.11.2	Simulación del sistema en Homer Pro	55
3.11.3	Operación y mantenimiento de la Micro-red	60
CAPÍTULO IV.....		61
ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO		61
4.1	Resultados del análisis técnico económico.....	62
CAPÍTULO V		64
Conclusiones		64
Recomendaciones.....		66
Referencias.....		67
ANEXOS		73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Red de distribución radial.....	1
Figura 2. Red de distribución en anillo.....	2
Figura 3. Diferencia de reflexión.....	8
Figura 4. Diferencia angular de la refracción.....	9
Figura 5. Ejemplo de absorción de luz.....	9
Figura 6. Diagrama esquemático de la Micro-red.....	11
Figura 7. Diagrama esquemático de Tipos de Micro-red, a) Micro-red de DC, b) Micro-red de AC con rectificador, c) Micro-red de manera directa.....	12
Figura 8. Diagrama esquemático de la Micro-red conectado en modo isla.....	13
Figura 9. Diagrama esquemático de la Micro-red conectado a la red.....	14
Figura 10. Micro-red mostrando el PCC.....	16
Figura 11. Diagrama unifilar de una Micro-red mostrando el relé sincronizador. ...	17
Figura 12. Modelo recomendado cuando la GD no tiene incentivo.....	21
Figura 13. Modelo recomendado cuando la GD tiene incentivo.....	22
Figura 14. Modelo recomendado para tarifas separadas.....	22
Figura 15. a) Pozo para MV, BV y AP, b) Pozo para Acometidas o Alumbrado. ...	26
Figura 16. Ejemplo de banco de ductos.....	27
Figura 17. Acometida desde pozo de revisión eléctrico.....	29
Figura 18. Ubicación del Proyecto Social Ecoturístico Cerro la Luz.....	37
Figura 19. Dimensiones del tejado de la edificación 1.....	50
Figura 20. Dimensiones del tejado de la edificación 3.....	51
Figura 21. Dimensiones del tejado de la edificación 4.....	51
Figura 22. Diagrama esquemático de la Micro-red en Homer Pro.....	56
Figura 23. Recurso solar GHI.....	56
Figura 24. Aporte de energía del SPV y la Red hacia la carga.....	57
Figura 25. Potencia de salida del SPV.....	58
Figura 26. Estado de carga y descarga del ESS.....	58
Figura 27. Estado de la Micro-red.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Std. IEEE 141-1993.	2
Tabla 2. Nro. Arconel-018/18.	2
Tabla 3. Norma ANSI C84.1.....	3
Tabla 4. Características de fuentes de iluminación externas.....	6
Tabla 5. Fuentes de contaminación lumínica.	10
Tabla 6. Límites de parámetros de sincronización IEEE 1547.2 para interconexión síncrona.	18
Tabla 7. Cálculo de corrientes para diferentes sistemas.....	24
Tabla 8. Caída de voltaje máxima.	24
Tabla 9. Características de conductores comunes.	25
Tabla 10. Caída de voltaje por sección del conductor.....	25
Tabla 11. Dimensión de tipos de pozos.....	26
Tabla 12. Protecciones según los polos.....	27
Tabla 13. Características de conductores comerciales con variación de temperatura.	28
Tabla 14. Características de barraje.	28
Tabla 15. Nomenclatura de aislante para conductores.....	29
Tabla 16. Etiqueta para reconocimiento del transformador.	30
Tabla 17. Transformadores comerciales.	30
Tabla 18. Clases y requisitos de iluminación para tránsito peatonal y ciclistas.	32
Tabla 19. Iluminancia en áreas interiores.....	33
Tabla 20. Coordenadas de pozos de revisión eléctrico.	38
Tabla 21. Resumen de resultados del estudio de demanda por circuito.....	39
Tabla 22. Demanda de diseño para dimensionamiento de transformador.	40
Tabla 23. Corriente por circuito.	40
Tabla 24. Selección de protecciones comerciales.	41
Tabla 25. Características de luminarias en sendero.	45
Tabla 26. Coordenadas de esculturas a iluminar con el número de luminarias empleadas.	45
Tabla 27. Características de luminarias para esculturas.....	45
Tabla 28. Características de áreas peatonales exteriores.....	46
Tabla 29. Características de luminarias en áreas peatonales exteriores.....	46

Tabla 30. Resumen de resultados de iluminación exterior.....	46
Tabla 31. Características de luminarias interiores.	47
Tabla 32. Resumen de resultados en áreas interiores.....	47
Tabla 33. Resumen de energía consumida en las diferentes cargas.....	48
Tabla 34. Hora solar pico en todos los meses del año.....	49
Tabla 35. Características eléctricas y mecánicas del PV.	49
Tabla 36. Pérdidas relacionadas a PV.	52
Tabla 37. Resultado del PV necesarios para alimentar cada carga.	52
Tabla 38. Características eléctricas y mecánicas de la batería.....	53
Tabla 39. Resultado del número de baterías.	53
Tabla 40. Datos técnicos para simulación.....	55
Tabla 41. Costos relacionados con la Red	61
Tabla 42. Costos relacionados al SPV	61
Tabla 43. Costos relacionados con el conversor bidireccional.	62
Tabla 44. Costos relacionados al ESS.....	62
Tabla 45. Valor neto de los componentes y tipos de costos.....	63
Tabla 46. Valor anual de los componentes y tipos de costos.....	63
Tabla 47. Costos totales.	63

GLOSARIO

- **Red de distribución:** Etapa del SEP donde existe la mayor cantidad de pérdidas por el bajo valor en la magnitud del voltaje, cuenta con alimentadores primarios MV y alimentadores secundarios BV.
- **Empresa Eléctrica Quito S.A. (E.E.Q.S.A.):** Empresa eléctrica de distribución local.
- **Medio Voltaje (MV):** Alimentador primario para un transformador de distribución, puede ser trifásico o monofásico.
- **Bajo Voltaje (BV):** Alimentador secundario, tiene voltajes bajos por lo que únicamente se transforma a BV para alimentar a la carga cercana.
- **Red soterrada:** Red de distribución ubicada y diseñada bajo tierra para evitar contaminación visual.
- **Corriente Alterna (AC):** Tipo de corriente empelada en redes de distribución, en donde existe un valor de frecuencia, por ende, tiene intervalos de ciclos de onda seno.
- **Corriente continua (DC):** Paso continuo de corriente sin variaciones en el tiempo.
- **Generación distribuida (GD):** Tipo de generación cercana a la carga, también se la puede describir como descentralizada y es importante para la implementación de una Micro-red.
- **Punto de acoplamiento común (PCC):** Punto de conexión del sistema autónomo y la red de distribución.
- **Energía solar térmica (STE):** Energía calórica proporcionada por el sol.
- **Sistema de almacenamiento de energía (ESS):** Banco de baterías.
- **Paneles fotovoltaicos (PV):** Fuente de energía renovable usada principalmente para generación distribuida.
- **Sistema fotovoltaico (SPV):** Conjunto de PV conectados en serie o paralelo, puede o no estar conectado a una red.
- **Sistema autónomo de paneles fotovoltaicos (SA-SPV):** Sistema que abastece a una carga sin la necesidad de estar conectada a la red.

RESUMEN

El presente Proyecto Técnico se divide en tres etapas que hacen referencia al diseño de red en bajo voltaje soterrado, diseño lumínico exterior e interior y el diseño de la Micro-red. Todo esto con el afán de cumplir con un diseño que suministre energía al proyecto con los reglamentos establecidos por la empresa eléctrica de distribución local.

El diseño de la red eléctrica soterrada únicamente se la realiza en bajo voltaje, partiendo desde la red de medio voltaje actual, ubicada en el exterior de la entrada principal del proyecto. Para diseñar la red se debe tomar en cuenta el estudio de demanda estimado de acuerdo a las características y planos proporcionados por el Municipio del DMQ, para obtener como resultado la demanda de diseño la cual es indispensable para el dimensionamiento del transformador con sus respectivas protecciones de corte y seccionamiento.

Para los planos de obra civil en el proyecto se realizó el diseño de instalaciones eléctricas interiores (iluminación y fuerza) con escalas reales y planos detallados con simbología y circuitos.

El diseño de la red soterrada se realizó en base al levantamiento topográfico del lugar, en donde la escala es 1:1 permite dimensionar los conductores con criterios de distancias reales, en el plano diseñado se detallan los componentes y circuitos a utilizar con la nomenclatura respectiva.

El diseño lumínico exterior e interior es diseñado y simulado a través de software a escala real, tomando en cuenta áreas y alturas específicas. Mediante luminarias Sylvania LED comerciales se llegó a resultados esperados, cumpliendo requerimientos y normativas de iluminación locales.

Al ser un Proyecto ecoturístico se plantea no depender únicamente de generación centralizada, es indispensable abastecer de energía al proyecto a través de un sistema de paneles fotovoltaicos que aporten al desarrollo y cuidado del medio ambiente. Por lo que se realizó la simulación en base a datos reales referentes a la irradiancia y la hora solar pico del lugar. En donde se calculó el número de paneles fotovoltaicos tomando en cuenta las peores condiciones posibles del lugar y el número de baterías necesarias para el sistema de almacenamiento de energía que permita suministrar a la carga durante horas con bajo o nulo impacto solar.

La simulación de la Micro-red se basa en la operación de la misma cuando está conectada a la red local, en donde se especifican varias ventajas en referencia al sistema y también se puede estimar un análisis técnico económico en donde se relaciona la gestión energética de los recursos distribuidos de la Micro-red en conjunto con la red de distribución.

ABSTRACT

This Technical Project is divided into three stages that refer to the design of the low voltage underground network, the design of exterior and interior lighting and the design of the Micro-grid. All this with the aim of complying with a design that supplies energy to the project with the regulations established by the local electricity distribution company.

The design of the underground electrical network is carried out only in low voltage, starting from the current medium voltage network, located outside the main entrance of the project. To design the network, the study of estimated demand must be taken into account according to the characteristics and plans provided by the Municipality of the DMQ to obtain the design demand as a result, which is essential for the dimensioning of the transformer with its respective cut-off. outside the protections. and sectioned.

For the civil works plans of the project, the interior electrical installations (lighting and energy) were designed with real scales and detailed plans with symbols and circuits.

The design of the underground network was carried out based on the topographic survey of the place, where the scale is 1: 1 allows dimensioning the conductors with criteria of real distances, in the designed plan the components and circuits to be used are detailed with the respective nomenclature.

Exterior and interior lighting design is designed and simulated using full-scale software, taking into account specific areas and heights. Using Sylvania LED commercial luminaires, the expected results were achieved, complying with local lighting requirements and regulations.

Being an ecotourism project, it is proposed not to depend solely on centralized generation, but to supply energy to the project through a system of photovoltaic panels that contribute to the development of the environment. Therefore, the simulation was performed based on real irradiance data and peak solar time at the site. Where the number of photovoltaic panels was calculated taking into account the worst possible conditions of the place and the number of batteries necessary for the energy storage system that allows supplying the load for hours with little or no solar impact.

The simulation of the Micro-grid is based on its operation when it is connected to the local network, where various advantages are specified in reference to the system and

a technical-economic analysis can also be estimated where the energy management of the distributed resources of the Micro-grid.

INTRODUCCIÓN

Introducción

Los sistemas de distribución con el paso del tiempo deben ser modificados para que tengan la capacidad de soportar el incremento a la demanda, repotenciar las redes de distribución mediante ampliación de las mismas se ha convertido en el objetivo de las empresas eléctricas locales para ayudar al desarrollo social sostenible de proyectos, urbanizaciones, comercio e industria. Así como la mejora de los diseños eléctricos en donde se ha ido adoptando transiciones en distribución de redes aéreas a redes soterradas [1].

La evolución del diseño en redes soterradas ha tomado un papel importante desde el siglo XX, enfocándose en el desarrollo de zonas urbanas y turísticas, evitando la contaminación visual y beneficiando a la seguridad y confiabilidad de la red debido a la baja del exceso de conductores tendidos en las redes de distribución áreas que generan esfuerzos mecánicos de los elementos.

A nivel económico las redes soterradas tienen costos más elevados que las redes aéreas, debido a que los elementos a utilizar superan en número y características a los utilizados en redes aéreas. Tomando en consideración el ámbito técnico y constructivo el proyecto debe cumplir con los estándares y normas establecidos para el dimensionamiento de la red soterrada.

La implementación de redes eléctricas ha ido evolucionando de la mano a la iluminación artificial con gran impacto en la cotidianidad en la sociedad, haciendo que sea indispensable en la actualidad. Los estándares relacionados con la iluminación de áreas exteriores e interiores van estrictamente dirigidos a la funcionalidad que va a tener el área a iluminar [2].

Los sistemas eléctricos generalmente son únicamente dependientes de generación centralizada ubicada en puntos alejados con respecto a la carga, haciendo que las pérdidas sean significativas en las diferentes etapas del sistema. Además, que la red de distribución no está siempre disponible en poblados que cuentan con una geografía de difícil acceso y lejanos con respecto al punto de red de distribución. Por ello se plantea el uso de generación descentralizada a través de paneles fotovoltaicos, mediante sistemas autónomos que permitan el uso de programas para electrificación de zonas aisladas [3].

Los sistemas autónomos en base de paneles fotovoltaicos inevitablemente hacen uso de sistemas de almacenamiento para garantizar el constante suministro de energía a la

carga en horas donde no incida la irradiación. Una vez planteado y modelado el sistema aislado se lo puede conectar a la red por medio de inversores con un dimensionamiento específico, de allí nace el término de Micro-red, el concepto básico de Micro-red define que el sistema tiene la capacidad de suministrar energía de manera aislada y sincronizada a la red, manteniéndose en los límites de los parámetros eléctricos normados.

En el presente proyecto se busca realizar el diseño adecuado en base a las normativas vigentes en Ecuador para red de distribución en bajo voltaje soterrado, dicho diseño debe cumplir los parámetros eléctricos reglamentarios, al igual que el diseño lumínico de exteriores e interiores.

A la red diseñada se le debe simular a través de Homer Pro, la conexión de una Micro-red con generación fotovoltaica y sistema de almacenamiento, todo esto conectado a una barra de corriente continua, dando así un nuevo enfoque al suministro de energía con dos puntos de alimentación. El cálculo de paneles fotovoltaicos y el sistema de almacenamiento se basa en el estudio a la demanda realizado para el dimensionamiento del transformador.

Objetivo General

Realizar el diseño del sistema de distribución soterrado de energía eléctrica en bajo voltaje, que permita la incorporación de una Micro-red, para el abastecer el “Proyecto Social Ecoturístico Cerro la Luz” ubicado en la parroquia rural Puéllaro perteneciente al Distrito Metropolitano de Quito.

Objetivos Específicos

- Realizar el estudio de carga de la potencia a ser consumida en las diferentes áreas establecidas en el proyecto, para dimensionar la capacidad del transformador ubicado en poste.
- Diseñar el sistema de distribución en bajo voltaje soterrado sujeto a la normativa local.
- Diseñar la Micro-red que permita el abastecimiento y gestión de los recursos energéticos distribuidos.
- Elaborar el diseño lumínico de áreas interiores como exteriores del proyecto.

- Realizar el estudio técnico-económico de la Micro-red con el sistema de distribución.

Descripción del Problema

El Proyecto Social Ecoturístico Cerro la Luz se encuentra ubicado en la Parroquia Puéllaro, perteneciente al catón Quito, provincia de Pichincha. Tiene un área de 214185.15 metros cuadrados de terreno en su totalidad.

La problemática actual del proyecto surge con la necesidad de suministrar energía eléctrica al mismo y que a su vez permita el bienestar y desarrollo del proyecto. Es primordial que se realice un diseño adecuado de bajo voltaje soterrado basándose en normativa y evitando la contaminación visual.

Alcance

Por medio de diseño y planeamiento se busca abastecer de energía eléctrica al “Proyecto Social Ecoturístico Cerro la Luz”, tomando en cuenta la reducción de contaminación tanto visual como ambiental en el proyecto, por lo que se requiere que dentro del área tenga el menor impacto visual y favorezca la integración de las fuentes de energía de origen renovable, no dependiendo únicamente de la generación centralizada para su abastecimiento.

Se requiere el diseño de la red de distribución soterrada en bajo voltaje, el dimensionamiento del transformador en poste, estudio de carga, iluminación ornamental, señalización con luminarias en el sendero principal, además del diseño de una Micro-red con el uso de paneles fotovoltaicos y banco de baterías, para el proyecto se utilizará software como: AutoCAD, Excel, DIALux y Homer Pro.

En el cálculo del estudio de carga se analizará las actuales y futuras construcciones que se realizará en el Proyecto en base a los planos civiles proporcionados por el municipio del DMQ.

El diseño de bajo voltaje es soterrado de manera obligatoria para que el área tenga el menor impacto visual, se realizará el cálculo de pérdidas en bajo voltaje y dimensionamiento del conductor en base a la normativa.

Diseño lumínico de esculturas, señalización de sendero principal y diseño de instalaciones eléctricas en bajo voltaje de las instalaciones civiles.

El diseño de la Micro-red se basa en la implementación de paneles fotovoltaicos ubicados en los techos de las tres cabañas, tomando en cuenta los planos civiles.

La incorporación de energía al proyecto servirá para cumplir requerimientos básicos necesarios para su funcionamiento, como: Iluminación ornamental, marcación de ruta en sendero, diseño eléctrico de las cabañas y tratamiento de agua.

Metodología

La metodología usada para el presente proyecto será a través de investigación aplicada ya que se requiere el uso de conocimientos teóricos y prácticos para una solución óptima del problema de suministro de energía e iluminación mediante el diseño de redes de distribución, Micro-redes e iluminación artificial tanto exterior como interior para la sustentación de las necesidades del proyecto.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Redes de distribución

La red de distribución es la encargada de repartir la potencia generada a los diferentes usuarios dispersos en distintas localidades, estos usuarios pueden ser comerciales, residenciales e industriales. La distribución se la realiza generalmente de manera radial con un flujo de energía unidireccional y comparte en conjunto con la generación el 80% de la inversión total de un sistema de potencia, existen varias topologías para su implementación [4],[5].

En la Figura 1 se visualiza el esquema de componentes que se tiene en la red eléctrica de distribución radial, se caracteriza por tener un solo trayecto desde la fuente a la carga, son muy utilizados en zonas rurales y zonas alejadas con inconvenientes para la interconexión con otros alimentadores [6].

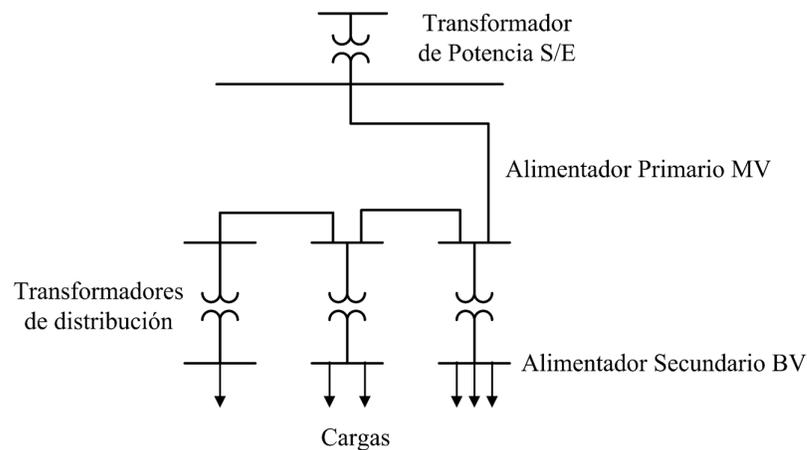


Figura 1. Red de distribución radial.

Fuente: Autor.

En la Figura 2 se aprecia el esquema de componentes que se tiene en la red eléctrica de distribución en anillo, se caracteriza por tener dos trayectos desde la fuente a la carga, esta topología se utiliza principalmente para aumentar la fiabilidad de suministro, si se diera el caso de una falla en un punto determinado, es capaz de mantener el suministro abasteciendo la carga desde otro punto [6].

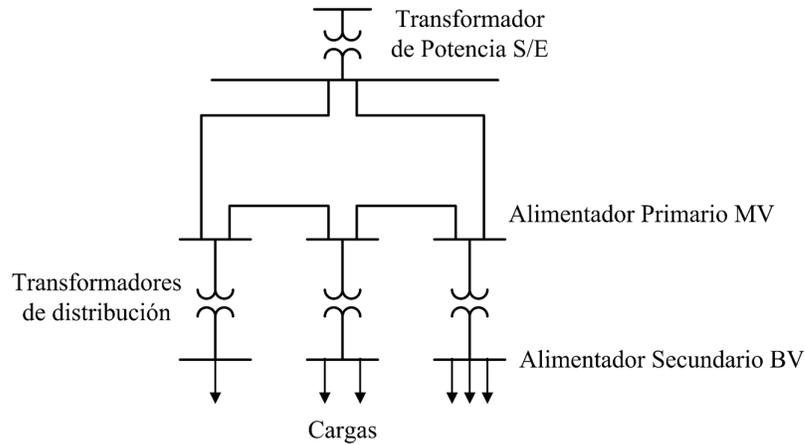


Figura 2. Red de distribución en anillo.

Fuente: Autor.

1.1.1 Niveles de voltaje

La magnitud de los voltajes está catalogada de acuerdo al área del SEP en la que se trabaja, además del rango en el que se encuentra. Según el estándar ANSI-IEEE 141-1993 se lo clasifica como:

Tabla 1. Std. IEEE 141-1993.

Nivel de voltaje	Rango de Voltaje
Bajo	Menor a 1000 [V]
Medio	Mayor o igual a 1 [kV] y menor a 100 [kV]
Alto	Mayor o igual a 0,1 [MV]

Nota. Rango de niveles de voltaje IEEE 141-1993

En Ecuador el rango de nivel de voltaje varía con respecto al estándar antes establecido mediante la resolución Nro. Arconel-018/18 [7].

Tabla 2. Nro. Arconel-018/18.

Nivel de voltaje	Rango de Voltaje
Bajo	Menor o igual a 0,6 [kV]
Medio	Mayores 0,6 [kV] y menor o igual a 40 [kV]
Alto	Mayores a 40 [kV]

Nota. Resolución Nro. Arconel-018/18

Los niveles en la red de distribución manejados por las diferentes empresas distribuidoras en el país (EEQ, CNEL, EEASA, etc.) en MV es de 22,8/13,2 [kV], 13,2/7,6 [kV], 6,3 [kV] y BV es 220/127 [V] y 240/120 [V].

1.1.2 Caída de voltaje

La mayor caída de voltaje en un SEP está ubicado en las redes de distribución por su magnitud de voltaje bajo con respecto a la transmisión y por sus grandes distancias de tendido en la red primaria como de red secundaria, las empresas eléctricas locales son las encargadas de la distribución y tienen la obligación de cumplir con parámetros de calidad y confiabilidad de suministro además de hacer monitoreo continuo para el cumplimiento de los parámetros eléctricos en sus respectivos rangos [8].

El rango de perfil de voltaje aceptado según a la Norma ANSI C84.1 se la considera en base al valor RMS nominal y cuando la variación de voltaje supera un minuto.

Tabla 3. Norma ANSI C84.1.

Valor nominal [V]	Valor deseado [V]	Rango aceptado [V]
120	114-126	110-127
240	228-252	220-254
13800	13460-14490	13110-14520
34500	33640-36230	32780-36510

Nota. Rangos para operación

Caída de voltaje admisible en red primaria o de medio voltaje

Para evaluar y calcular la caída de voltaje admisible se toma en consideración el punto más alejado con respecto a la fuente (transformador) para expresarla en porcentaje, la caída de voltaje se calcula tanto de manera parcial como total y no puede superar ciertos límites establecidos por la empresa distribuidora local [9].

1.1.3 Red de distribución aérea

Los materiales usados en redes de distribución aérea en comparación con la red soterrada, son más baratos por que el aislamiento generalmente usado es el aire, por lo que se requiere menos elementos para la red. Para el tendido de redes aéreas generalmente se hace uso de conductores de aluminio desnudo [10]. En Ecuador generalmente se usa conductores desnudos de aluminio en MV y BV, aunque actualmente en BV se lo hace con cable aislado trenzado.

1.1.4 Red de distribución soterrada

El uso de conductores en redes soterradas es más complejo que en redes áreas por el hecho que deben ser recubiertos por material aislante en base a mezclas de componentes poliméricos que brinden soporte contra la corrosión y sean capaces soportar esfuerzos mecánicos y estrés en conjunto con el conductor, generalmente se usa conductores de aluminio y cobre [10].

Pozos de revisión para redes soterradas

En redes soterradas los pozos, cajas o cámaras de revisión se debe considerar la ubicación y topografía del lugar para su diseño además de que se debe respetar ciertos criterios como códigos de identificación en entradas y salidas de ductos, seguridad para su acceso y materiales resistentes y de alta durabilidad, además de considerar distancias adecuadas entre pozos [11].

1.2 Estudio de la demanda

El estudio de demanda tiene como objetivo determinar mediante mediciones o estimaciones de consumos eléctricos reales o futuros la capacidad mínima que debe tener la fuente de alimentación o transformador para darle soporte en su totalidad a la carga, ya sea comercial, residencial o industrial [12]. Para ello se evalúa el consumo de energía eléctrica en una o varias cargas a partir de la demanda máxima de potencia que existe durante lapsos de tiempo ayudando a registrar su comportamiento [13].

1.3 Tableros eléctricos de bajo voltaje

Los tableros eléctricos se usan principalmente para distribuir de manera correcta la energía a las diferentes cargas de un proyecto, además de brindar seguridad a las mismas por que cuentan con elementos de protección y seccionamiento que actúan para resguardar los equipos [14].

1.3.1 Normativa para tableros eléctricos

- Estándar IEC-60947 “Control e interrupción de bajo voltaje”.
- Estándar IEC-61439 “Control e interrupción de bajo voltaje admisible”.
- Estándar ANSI/IEEE-C37.13 “Estándar para disyuntores de potencia en bajo voltaje”.

1.3.2 Tablero Principal (TDP)

Es el primer tablero por el que pasa la energía eléctrica para el usuario, allí se puede repartir la energía a los diferentes tableros secundarios de un proyecto, para alimentar dicho tablero desde el transformador se recomienda el uso de conductor calibre AWG#6 como mínimo [15].

1.3.3 Tablero de medición

Dichos tableros son específicamente diseñados para la medición y control de la energía, utilizados notablemente en la industria para que la empresa que suministra energía pueda realizar monitoreo de gestión de calidad ya que la carga es mayor [15].

1.3.4 Tablero Secundario

Los tableros de distribución secundario están protegidos por el TDP y su objetivo es alimentar cargas puntuales, como conjunto de bombas de agua o cargas de diseño eléctrico interior de edificaciones [15].

1.3.5 Tablero de transferencia

Principalmente usadas para la entrada en operación de GD, su maniobra puede ser manual o automática [15].

1.4 Elementos de protección

Para la protección de circuitos en red de BV se toma en cuenta diferentes clases o tipos de fusibles e interruptores, actúan como elemento de cierre y apertura en un circuito el cual alimenta una carga, entonces se lo puede usar como equipo de maniobra y protección [16].

1.4.1 Fusible NH

Fusible usado para la protección del secundario en un transformador de distribución, son empleados por su gran capacidad de ruptura para protección de corrientes causadas por cortocircuitos y pueden alterar la vida útil del transformador [16].

1.4.2 Interruptor general

Por el interruptor general circula toda la corriente consumida por la carga, se lo implementa después de hacer la medición de energía consumida y antes del TDP por que controla toda la alimentación de un tablero. Debe ser capaz de detectar fallas, cortocircuitos, sobre corrientes y sobre voltajes [16].

1.4.3 Interruptor derivado

El interruptor derivado es usado para la alimentación de circuitos que suministran energía a tableros secundarios [16].

1.4.4 Interruptor termomagnético

Es el más próximo a la carga y tiene la capacidad de conectar o desconectar la misma, están ubicados en tableros secundarios y protege al sistema de sobrecargas y cortocircuitos [16].

1.5 Iluminación Artificial

La iluminación artificial desempeña un papel determinante e importante en una gran diversidad de aspectos que van desde lo funcional, económico, estético, hasta cumplir con criterios normados para que sea implementada correctamente en diferentes espacios como pueden ser exteriores e interiores de proyectos, además de aspectos técnicos como niveles de iluminación adecuados y diseños para ahorrar energía mediante parámetros de iluminación en distintas condiciones [17], [18].

1.5.1 Iluminación exterior

La iluminación exterior es la que se realiza en zonas sin mucha protección con respecto a los efectos climáticos, la tendencia general en el diseño de iluminación recomienda establecer parámetros de iluminación en condiciones fotópicas y los valores de luminancia recomendados están por debajo de 5 [cd/m²] el cual determina el límite de visión mesópica y por lo general se encuentran en un rango de 0,3-2 [cd/m²] [18]. La iluminación exterior a nivel local necesita un cambio con enfoque al ahorro energético, por ello se hace énfasis en la iluminación LED para exteriores en donde la industria del sector lumínico ha hecho énfasis en fabricar luminarias más eficientes sacando del mercado tecnologías antiguas [19].

Tabla 4. Características de fuentes de iluminación externas.

Tipo de lámpara	IRC	Eficiencia [lm/W]	Tiempo de vida [h]
Halógena	100	20	1200
Fluorescente	80	60-100	8000
Halógenos metálicos	90	70-108	15000
LED	>75	90-120	>50000
Sodio a alta presión	45	95-130	28000
Sodio a baja presión	25	120-200	16000

Nota. Tipos de lámparas más usadas a nivel comercial.

Alumbrado público

Servicio no domiciliario brindado por el estado o municipios de cada localidad, puede ser rural o urbana y se lo representa con las siglas A.P. Tiene el fin de brindar iluminación a espacios de carácter público en el que puede ver, tanto circulación de vehículos como de personas [20]. Para ser considerado A.P. se debe cumplir con normas establecidas en cada país, en Ecuador la Resolución ARCONEL 054/18, en la que se debe respetar nivel de iluminación, uniformidad y limitación de deslumbramiento. La mayor parte de alumbrado público está operando con luminarias de sodio o mercurio por lo que es importante actualizar las mismas con luminarias LED con la finalidad de disminuir el consumo de energía respetando los parámetros antes establecidos [21].

Iluminación ornamental

Es la encargada de iluminar áreas verdes, senderos y complejos deportivos, además de aportar con el diseño de alumbrado decorativo a monumentos y edificios representativos que expresan buenos términos estéticos y armonía al visitante [22].

1.5.2 Iluminación interior

Iluminar de forma adecuada las áreas interiores de un proyecto garantiza que en el entorno luminoso se proporcione buen rendimiento visual al igual que comodidad para realizar tareas o actividades en dichos espacios. La luminancia en interiores depende de los materiales y colores que forman las superficies a iluminar, como: techo, paredes y suelo; y se hace la evaluación del deslumbramiento para estas superficies [23].

Además, las condiciones en interiores dependen del equipo que proporciona la iluminación (luminaria), como está distribuido y que uso se le va a dar. Al seleccionar una luminaria se toma en cuenta las afecciones a métricas de iluminación cualitativas con la distribución espectral como el color de luz y la reproducción cromática en objetos y superficies específicos [23].

1.5.3 Magnitudes fotométricas

Analiza fenómenos relacionados con la percepción óptica, medida en lumen (lm) [24].

- Flujo luminoso. Potencia radiada en varias direcciones por medio de un objeto luminoso, se mide en lumen (lm) [25].

$$\Phi_{\lambda} = \Phi_w \cdot V_{\lambda} \cdot 680 \left[\frac{\text{lm}}{\text{W}} \right] \quad (1)$$

- Intensidad luminosa. Es el flujo luminoso medido en un lapso de tiempo de una dirección concreta en un ángulo fijo, medida en candela (cd) [25].
- Iluminancia. Cantidad de flujo luminoso regada en una superficie, medida lux (lx) que representa (lm/m²) [25].

$$E(\text{lux}) = \frac{\Phi}{S} \left[\frac{\text{lm}}{\text{m}^2} \right] \quad (2)$$

- Luminancia. Luz regada en un objeto o superficie el cual es vista por el ojo en un sentido determinado, medida en (cd/m²) [25]. Si esta magnitud tiene valores muy altos ayuda en el diseño de sistemas ópticos precisos, pero también causa incomodidad asociada con el deslumbramiento [26].

1.5.4 Repercusión de la luz sobre superficies

Al chocar la luz con un material puede ocasionar diferentes fenómenos físicos [25]. Se debe conocer el comportamiento de los mismos para garantizar un diseño lumínico óptimo y evitar gasto de energía innecesaria o contaminación lumínica, todo esto para obtener una buena difusión de luz artificial y evitar puntos calientes para tener una distribución angular eficiente [27].

- Reflexión: Este efecto se da cuando la luz se estrella en una superficie reflectora y cambia de dirección, la reflexión puede ser especular (superficie lisa) o difusa (superficie no lisa) [25].

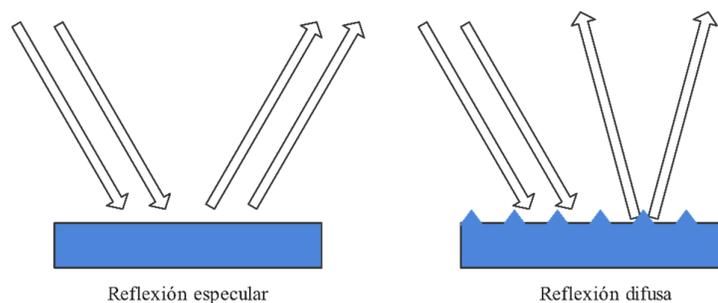


Figura 3. Diferencia de reflexión.

Fuente: Autor.

- Refracción. Cambio de dirección angular cuando la luz atraviesa un objeto debido a que varía la velocidad de onda de los medios [25]. La

diferencia angular depende de los medios involucrados y la longitud de onda incidente.

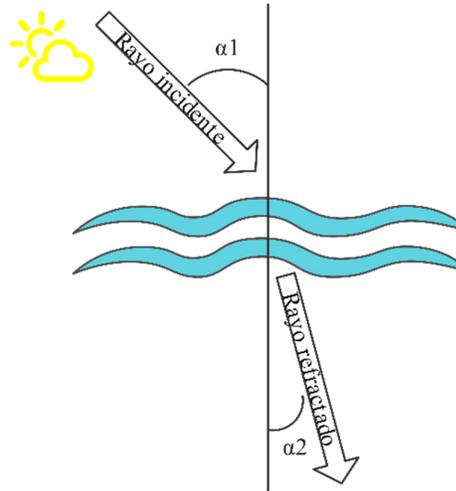


Figura 4. Diferencia angular de la refracción.

Fuente: Autor.

- Absorción. Es la causa de pérdida de luz al cruzar un cuerpo [25].

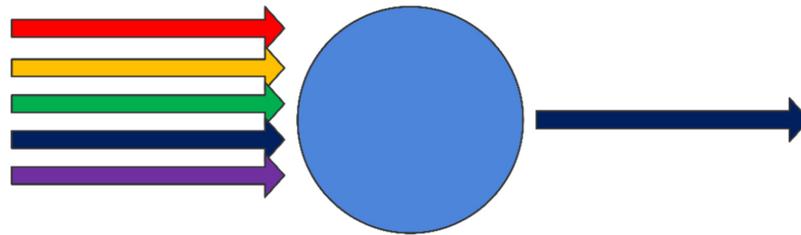


Figura 5. Ejemplo de absorción de luz.

Fuente: Autor.

- Transmisión. Es la transferencia de luz por el medio sin que la luz altere su frecuencia ni otras características. La transferencia se puede dar a través de cristales como en agua y depende de la transparencia del material para que sea considerada regular, difusa o mixta [25].
- Polarización. Para el diseño lumínico la polarización es importante para reducir el deslumbramiento [25].

1.5.5 Contaminación lumínica

La iluminación artificial origina de forma directa o indirecta esparcimiento de la luz y causa áreas iluminadas incontroladas del entorno natural, esta dispersión de luz se extiende hacia lugares y objetos que no es el objetivo iluminar, en varios casos la iluminación exterior mal planificada y diseñada [28]. Puede llegar a superar los límites aceptables de la misma, lo que causa contaminación lumínica haciendo que existan casos muy notorios de la misma, como el ritmo cardíaco alterado o la desaparición del cielo estrellado en las grandes ciudades. Además, la dispersión de la luz provoca un consumo excesivo de energía eléctrica [29], [30].

Fuentes de contaminación lumínica

La contaminación lumínica es un fenómeno que se ha analizado en los últimos años y define el impacto nocivo de la luz artificial incontrolada, indicando que una proporción de la luz generada no se utiliza para el propósito previsto y se dirige fuera del área prevista [31]. Las fuentes de contaminación lumínica se caracterizan por su diversidad indicadas en la Tabla 5.

Tabla 5. Fuentes de contaminación lumínica.

Fuentes de luz natural externas	Iluminación artificial al aire libre	Iluminación de vacaciones al aire libre	Iluminación artificial interior
Actividad volcánica	Iluminación de aeropuertos y bases aéreas	Fuegos artificiales	Iluminación de locales
Fuentes de combustible naturales	Iluminación arquitectónica y decorativa	Láseres	Iluminación de locales con atrios
Otras fuentes de luz natural	Iluminación publicitaria e informativa	Sistemas de iluminación decorativa	Iluminación de invernaderos

Nota. Principales fuentes de contaminación lumínica, pueden existir muchos más.

Impacto negativo de la contaminación lumínica

Los impactos relacionados a la iluminación incontrolada de zonas que no se requiere dicha iluminación o simplemente no es el nivel y color de luz adecuado para la zona puede ocasionar varios efectos dañinos, peligrosos o simplemente efectos negativos en las personas como estrés, depresión, fatiga o mal humor [32], [33].

1.6 Micro-red

La Micro-red es una solución para la integración de generación distribuida a la red de distribución. Cambia la arquitectura de la red de distribución y realiza un flujo de energía bidireccional. Sus componentes más comunes son: cargas, fuentes de GD y

sistema de almacenamiento que funciona como un sistema integrado y tiene la capacidad de operar conectadas a la red como en modo isla [34].

Actualmente la demanda es abastecida en gran parte por generación centralizada proveniente de grandes centros de generación, haciendo que dicha energía fluya de forma unidireccional por lo que repercute en que existan varios problemas asociados [35]. Los principales inconvenientes vienen dados por problemas ambientales dando lugar a que se requiera el funcionamiento de nuevas tecnologías en generación de energía como también problemas técnicos por las grandes distancias que existe desde la generación hasta la carga [36].

La solución para solventar problemas técnicos por las grandes distancias es acercando la generación a la carga, así nace la generación distribuida (GD), la cual se la hace por medio de unidades de recursos energéticos distribuidos (DER). Según la Plataforma Tecnológica Europea de redes inteligentes, una Micro-red es una solución la cual favorece a la integración de: generación distribuida (GD), sistemas de almacenamiento de energía (ESS) y cargas para el suministro de energía [36].

La Figura 6 muestra una estructura típica de Micro-red, que comprende GD (sistemas fotovoltaicos, microturbinas, eólicas, etc.), control de carga, almacenamiento distribuido de energía (DES), bancos de baterías, dispositivos de control.

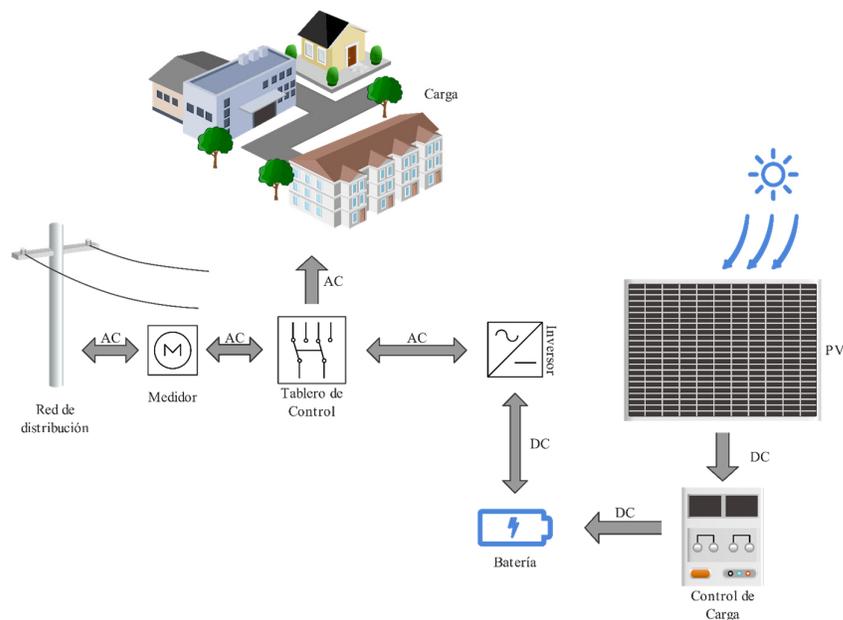


Figura 6. Diagrama esquemático de la Micro-red.

Fuente: Autor.

1.6.1 Tipos de Micro-red

La clasificación simplificada en Micro-redes está dada por medio del tipo de corriente que circula, puede ser DC o AC. Las Micro-redes de DC cuentan con eficiencia mejorada y mayor protección de cortocircuitos mientras que las Micro-redes de AC requieren tecnología compleja para la sincronización con la red de distribución existente. En una Micro-red pueden estar conectadas al mismo tiempo unidades síncronas y asíncronas [36].

Micro-red con fuente de DC

Genera en DC, para tener conexión con la red de distribución es imprescindible el uso de inversores y entre ellas se puede mencionar a las pilas, paneles fotovoltaicos y turbinas de aire [34].

Micro-red con fuente de AC indirecta

Genera en AC con ciertas características eléctricas y por medio de un convertidor se transforma en DC para después usar un inversor para transformarla en AC, con otras características eléctricas ideales para sincronizar con la red de distribución [34].

Micro-red con fuente de DC directa

Genera en AC y sus características eléctricas son estables con un rango de error aceptable para la conexión y sincronización con la red de distribución sin el uso de componentes eléctricos de por medio [34].

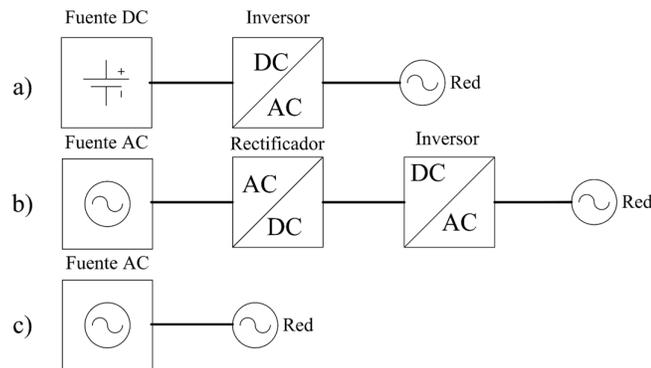


Figura 7. Diagrama esquemático de Tipos de Micro-red, a) Micro-red de DC, b) Micro-red de AC con rectificador, c) Micro-red de manera directa.

Fuente: Autor.

1.6.2 Micro-red en modo isla

Una Micro-red en modo isla, generalmente opera cuando el servicio de la energía eléctrica de la red no está disponible. El servicio de GD debe tener la capacidad de alimentar a la carga para la que fue diseñada. El modo de operación en isla se puede

dar de manera intencional e involuntaria. La isla intencional se realiza con previa planificación con la toma del control del sistema y la isla involuntaria significa no planificada y debe ser evitada [34].

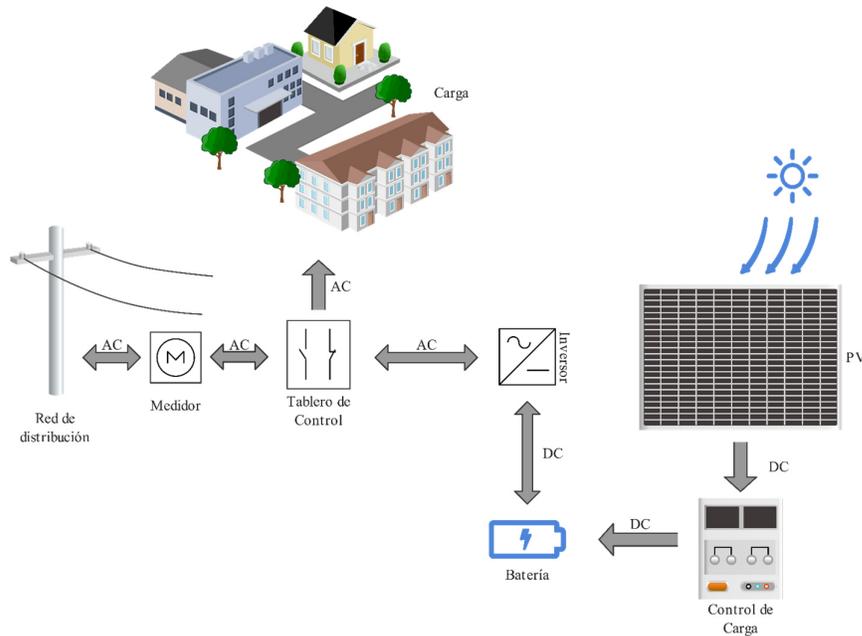


Figura 8. Diagrama esquemático de la Micro-red conectado en modo isla.

Fuente: Autor.

Micro-red en modo isla involuntaria

Una Micro-red entra en operación de modo isla involuntaria cuando el servicio eléctrico proporcionado por la empresa eléctrica distribuidora sale de operación repentina y la Micro-red empieza a operar sin cumplir con las características eléctricas y requisitos de la empresa distribuidora porque su operación es independiente por lo que conlleva riesgos y problemas, como [34]:

- Circuitos aparentemente en desconexión pueden seguir alimentados de otros puntos.
- Cuando la Micro-red en estado isla se vuelve a conectar a la red, el sistema puede resultar ser asíncrono con la red, lo cual puede provocar disparo en los elementos de protección de la Micro-red o red de distribución.
- Al no estar sincronizada la Micro-red con la red de distribución no es posible controlar la frecuencia y voltaje por lo que los equipos asociados al circuito resultarían afectados en el momento, se corrige con un relé de protección que limite la desviación y evitar la fluctuación de voltaje y frecuencia.

1.6.3 Micro-red en modo conectado a la red

El modo de operación normal de una Micro-red es cuando se encuentra en sincronismo y operando en conjunto con la red de distribución por lo que no es necesario que toda la energía demandada provenga de la GD instalada en la Micro-red por que la diferencia será cubierta por la red, y si la GD instalada en la Micro-red es mayor a la demanda esta podría aportar a la red. De esta manera la Micro-red puede ser usada como generador o carga de acuerdo a si la energía demandada es superior o inferior a la GD instalada y reduciendo costes de energía al consumidor [37].

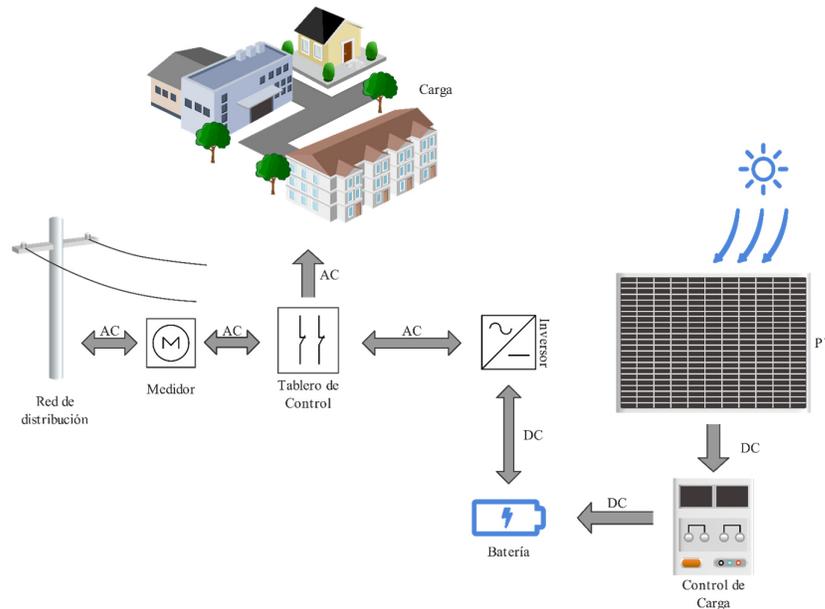


Figura 9. Diagrama esquemático de la Micro-red conectada a la red.

Fuente: Autor.

1.6.4 Componentes de una Micro-red

El diseño de una Micro-red cuenta con varios componentes dependiendo de tan robusto y complejo queramos que sea el sistema y dependen de factores como la carga o la fuente a utilizar, no obstante, es posible hallar elementos comunes y básicos los cuales se describen a continuación.

Sistema de generación distribuida

Conjunto de sistemas de generación eléctrica descentralizada, mucho más cercano a la carga, se encuentran conectadas dentro de las redes de distribución debido a que generan potencias muy bajas con respecto a la generación centralizada [38]. Por lo que la ubicación de la GD con respecto a la carga es importante para reducir pérdidas de potencia y estabilidad de magnitud en voltaje [39].

La interconexión de la GD con las redes de distribución permite evitar cortes de energía en todo el sistema, aislando las fallas y haciendo que el sistema sea más confiable [40]. Generalmente las fuentes más usadas para la GD son de energías renovables no convencionales sin embargo también se puede integrar la generación convencional [41].

Sistema de almacenamiento

Para la implementación de una Micro-red es necesario un sistema de almacenamiento de energía (ESS) por el desplazamiento temporal entre periodos de consumo (noche) y periodos de generación (día), además de poder trabajar como estabilizadores de corriente o voltaje y permitiendo brindar suministro en cualquier tiempo para el que este diseñado [41]. Generalmente el ESS son usados en sistemas fotovoltaicos autónomos (SA-SPV) y en el mercado la mayoría está compuesto por baterías de litio, AGM de gel, plomo [42].

- ESS cuando la Micro-red en modo isla:

El ESS en una Micro-red cuando se encuentra en modo isla voluntaria o involuntaria debe tener la capacidad de responder ante la demanda, en sistemas fotovoltaicos la carga debería alcanzar su punto máximo en el día por la incidencia del sol, en este caso el ESS debe tener un control de carga en un margen de capacidad para que pueda cargarse al estado de carga completo (SOC) [41].

- ESS cuando la Micro-red en modo conectado a la red:

El ESS en una Micro-red cuando se encuentra en modo conectado a la red actúa como generador o como carga para almacenamiento. El ESS debe conectarse en paralelo a la red y puede ser controlada por un sistema de gestión de energía de Micro-red (MEMS), y se refiere a una energía controlable reservada o evitar tomar energía de la red si no es necesario [41].

Componentes activos

Para una Micro-red los componentes activos son las cargas a las que va a alimentar el sistema, pueden variar indistintamente por dos factores asociados como la finalidad y capacidad de la Micro-red [43].

Sistemas de control

Los sistemas de control en una Micro-red son los encargados del manejo y operación de dispositivos para modificar variables necesarias en la Micro-red, además de supervisar y gestionar el flujo de energía para ofrecer mayor fiabilidad, estabilidad y calidad de la energía [43].

Punto de acoplamiento común

El punto de acoplamiento común, también definido como PCC es el punto en donde la Micro-red se conecta a la red de distribución eléctrica. En la Figura 10 el PCC está representado por la protección CB3 y funciona como interruptor abierto para que la Micro-red funcione en modo isla y caso contrario funcionara en modo conectado a la red [41].

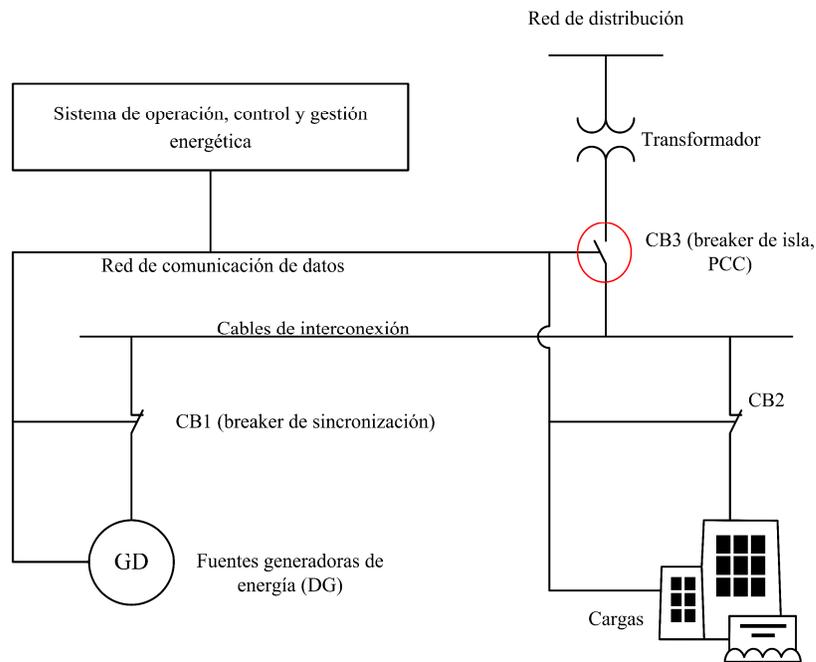


Figura 10. Micro-red mostrando el PCC.

Fuente: Autor.

Cargas de Micro-red

A una Micro-red se pueden conectar varios tipos de cargas en distintas ubicaciones, como a un sistema centralizado. Las cargas conectadas a una Micro-red tienen ventaja con respecto a las que no, porque no dependen únicamente de una fuente de energía, esto es muy utilizado para alimentar cargas críticas como circuitos de iluminación de emergencia o dispositivos importantes. Mediante un MEMS se puede programar a que

cargas únicamente alimenta la Micro-red para eliminar cargas no críticas y aumentar el tiempo de suministro de las críticas [41].

Mecanismo de sincronización

En la Figura 11 el CB1 actúa como disyuntor sincronizador para que el sistema de sincronización (relé) mida y compare parámetros eléctricos de la red con la Micro-red como frecuencia, voltaje y ángulo de fase. Los valores deben estar en un rango admitido por el estándar IEEE 1547.2 para que la sincronización sea posible, si no se cumple con dichos valores el relé de sincronización envía señales al sistema de GD para modificar valores de frecuencia o voltaje según lo establecido [41].

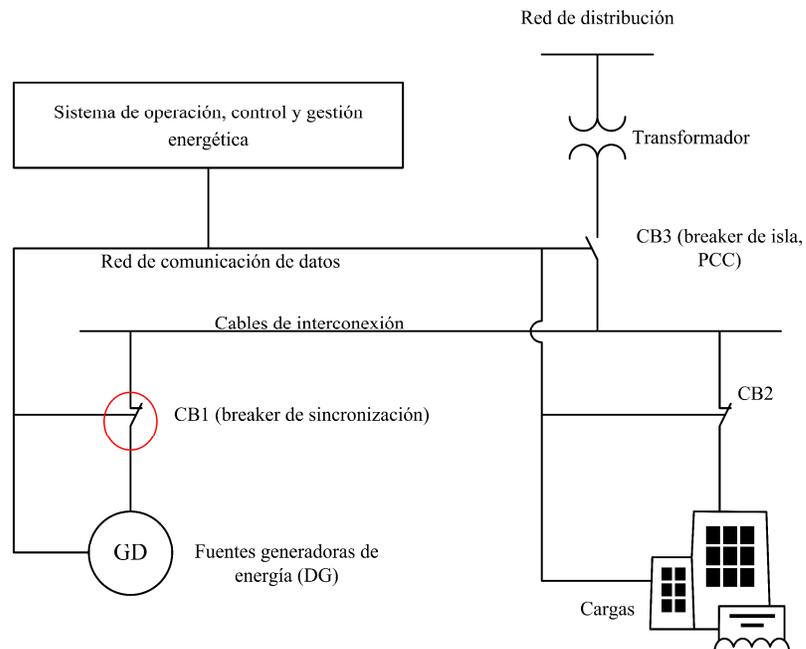


Figura 11. Diagrama unifilar de una Micro-red mostrando el relé sincronizador.

Fuente: Autor.

En la Tabla 6 se establecen los valores del estándar IEEE 1547.2 los cuales son recomendados como límites máximos para una sincronización, puede ser manual o automática. Al realizar sincronizaciones en el límite máximo establecido puede acortar la vida útil de relé sincronizador (CB1) tanto como la GD del sistema. Para una sincronización adecuada y con diferencia de sincronización en ambos lados casi cero se debe usar relés de sincronización de corriente en conjunto con el control de la GD [41].

Tabla 6. Límites de parámetros de sincronización IEEE 1547.2 para interconexión síncrona.

Clasificación agregada de unidades DR [kVA]	Diferencia de frecuencia [Δf , Hz]	Diferencia de voltaje [ΔV , %]	Diferencia de ángulo de fase [$\Delta \Phi$, °]
0-500	0,3	10	20
>500-1500	0,2	5	15
>1500-10000	0,1	3	10

Nota. IEEE Std. 1547.2-2008.

1.7 Generación Distribuida

Conjunto de sistemas de generación eléctrica descentralizada, mucho más cercano a la carga, se encuentran conectadas dentro de las redes de distribución debido a que generan potencias muy bajas con respecto a la generación centralizada [38]. Por lo que la ubicación de la GD con respecto a la carga es importante para reducir pérdidas de potencia y estabilidad de magnitud en voltaje [39]. La interconexión de la GD con las redes de distribución permite evitar cortes de energía en todo el sistema, aislando las fallas y haciendo que el sistema sea más confiable [40].

1.7.1 Tipos de Generación Distribuida

Existen diferentes tipos de tecnología que se emplean en aquellas instalaciones de generación que se conectan a la red de distribución como se muestra a continuación.

Turbinas de Gas

También se las llama turbina de gas de ciclo abierto y se basan en el ciclo Rankine, este tipo de turbinas tienen una gran eficiencia y confiabilidad debido a que responden rápidamente a cambios en la demanda de consumo de energía debido a que poseen poca inercia y la mayoría de sus unidades son síncronas. Su funcionamiento puede ser aislado o conectado a la red [44].

Microturbinas

Su funcionamiento está basado a través tubos soplantes de la industria automovilística y los pequeños turborreactores de la industria aeronáutica por lo que tienen un alto costo, y su rango de potencia generada esta entre 20 y 500 [kW], son empleados para respaldo de energía y satisfacer picos en la demanda [44].

Turbinas de vapor

Para el funcionamiento de las turbinas de vapor se emplea combustible que al generar calor y la vez producir vapor, por lo que mueve turbinas y produce electricidad. Para producir calor se puede emplear varios combustibles como: derivados del petróleo,

residuos sólidos, residuos agrícolas, entre otros. Esta tecnología no presenta problema de armónicos ni flicker [44].

Turbinas de ciclo combinado

Se llama turbinas de ciclo combinado ya que poseen ciclos termodinámicos que operan a distintas temperaturas (alta y baja). Las turbinas de ciclo combinado tienen una gran eficiencia debido al calor repuesto de las turbinas es usado en el ciclo de vapor. Actualmente el ciclo combinado únicamente es usado para GD por su bajo costo de instalación y generación [44].

Hidráulica a pequeña escala (Mini hidráulica)

La generación hidráulica a pequeña escala se puede implementar si está disponible un curso de agua, con salto de agua de pocos metros y no tiene un impacto representativo a nivel ambiental, se llama Mini hidráulica según la UNDO (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial) si su potencia instalada es menor a los 10 MW [45].

Posee varias características como: el rendimiento ronda el 80%, bajo impacto ambiental y poca variación de suministro a comparación de la solar y eólica, por lo que aumenta su confiabilidad [44].

Eólica

La energía eólica genera electricidad a través del movimiento de las palas por medio del viento y se puede dar a través de generadores síncronos o asíncronos. Su confiabilidad ronda el 97% y la potencia de generación esta desde 30 kW hasta 2 MW de potencia, posee varias desventajas como la variación del viento y el efecto flicker [44].

Solar fotovoltaica

La energía fotovoltaica (PV) se genera mediante conversión fotoeléctrica mediante la incidencia de radiación solar en la célula fotoeléctrica compuesta de semiconductores, principalmente silicio, haciendo que la liberación de electrones sea posible. Pertenece a las energías renovables aplicadas en proyectos de desarrollo sostenible además de ser muy confiable, su rendimiento de la actualidad este alrededor del 25 y 30% [44].

El funcionamiento de la generación distribuida en base de energía fotovoltaica puede darse según la necesidad: conectado a la red de distribución, aislado y funcionamiento híbrido (conectado en paralelo a otro tipo de GD) [46].

Además, esta energía puede funcionar de tres maneras distintas.

- Híbrido: el sistema PV se conecta en paralelo con otra tecnología de GD.
- Aislado: el sistema PV no interactúa con otra fuente de GD ni la red, para su funcionamiento se necesita baterías y reguladores de carga.
- Conectado a la red: el sistema PV hace el uso de un inversor para conectarse de manera directa a la red, no es necesario baterías ni reguladores de carga y hace que el sistema reduzca sus costos.

Solar térmica

La energía solar térmica (STE) se genera mediante conversión fototérmica dado que se concentra la radiación solar para calentar un fluido y a la vez producir vapor para mover una turbina, para ello se emplea tecnología como: heliostatos, discos parabólicos y colectores [44]. Se puede utilizar STE a nivel industrial para procesos de baja temperatura como es la industria del plástico y textiles, además de poseer los costos sociales más bajos [47].

1.7.2 Modelos de mercado en sistemas fotovoltaicos con conexión a la red

La generación distribuida está directamente ligada a la red del sector eléctrico ya que interfieren valores de oferta y demanda en el mercado eléctrico, pero también hace énfasis en términos de mejora en la calidad de servicio. A nivel internacional para el mercado de energía solar fotovoltaica se aplican tres modelos de negocio que se muestran a continuación:

- Modelo 1

En la Figura 12, la energía fotovoltaica generada consume directamente la carga, si en el caso que exista excedente de energía se suministra a la red de distribución). El medidor 1 es un medidor unidireccional el cual hace lectura de la energía suministrada hacia la red, mientras que el medidor dos es un medidor bidireccional, el cual registra tanto el consumo de la carga como la energía inyectada a la red, este medidor tiene la capacidad de determinar el valor consumido e inyectado a la red, conocido como valor neto de la energía, modelo acreditado como NetMetering [38].

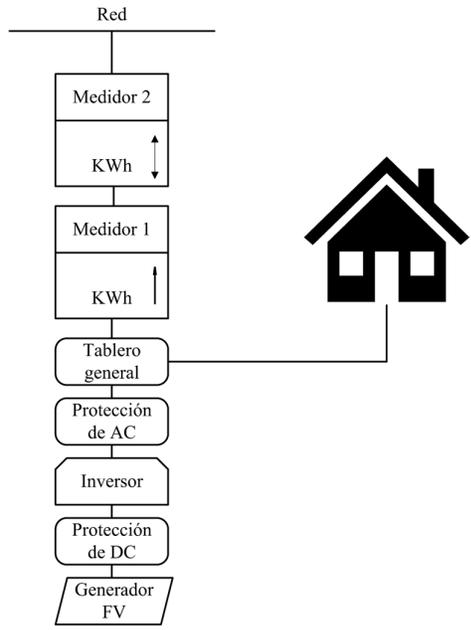


Figura 12. Modelo recomendado cuando la GD no tiene incentivo.

Fuente: Autor.

- Modelo 2

El modelo de la Figura 13. Se aplica cuando existen excedentes de energía fotovoltaica con remuneración directa, para la aplicación de este modelo es necesario la interconexión entre dos medidores unidireccionales. El medidor 1 tarifa y registra el excedente de energía y por lo tanto la inyectada a la red y el medidor 2 tarifa y registra la energía consumida por el cliente si en algún caso lo requiere. Los excedentes de energía se los conoce como Feed in Tariff, principalmente aplicado en Europa y tiene como finalidad modificar el crecimiento de las energías renovables, entre ellas la fotovoltaica [38], [48].

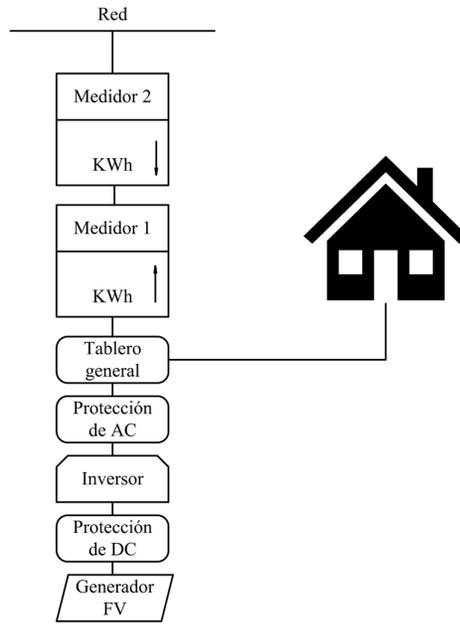


Figura 13. Modelo recomendado cuando la GD tiene incentivo.

Fuente: Autor.

- Modelo 3

En la Figura 14. Se muestra el modelo 3 de forma gráfica, en el cual se aprecia que la energía vendida se la tarifa con su propio medidor (Medidor 2) y con un circuito únicamente para la venta de la misma, para medir la tarifa del consumidor se utiliza un medidor unidireccional (Medidor 1) de la fuente (Red) a la carga, por lo que las tarifas de consumo y cobro son individuales. Este modelo es el más rentable para la instalación cuando la energía vendida a través de la red de distribución está afectada por subsidios de parte del estado [38].

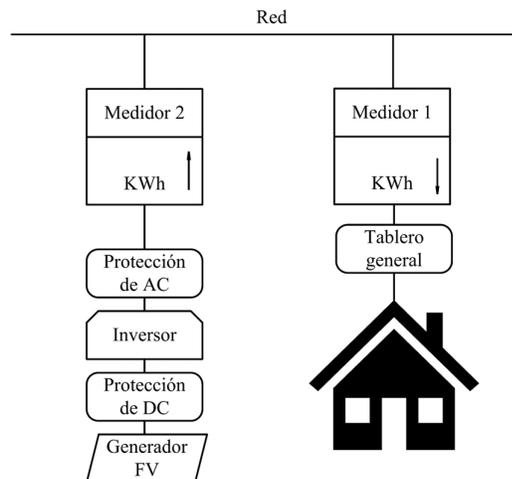


Figura 14. Modelo recomendado para tarifas separadas.

Fuente: Autor.

Por lo que es más conveniente tarifar de manera independiente la energía consumida tanto como la venida, la energía fotovoltaica facturada debe tener un costo adecuado para que pueda cubrir los costos de producción.

CAPÍTULO II

CRITERIOS DE DISEÑO

2.1 Diseño de red soterrada

Para el diseño de una red soterrada se necesita cumplir con ciertos parámetros de diseño para rendir con un correcto dimensionamiento de los elementos distribuidos en una red de distribución. Para ello se debe considerar los siguientes apartados.

2.1.1 Corriente del circuito

La corriente de operación se calcula mediante las fórmulas planteadas en la Tabla 7, la corriente obtenida ayuda para dimensionar conductores y protecciones.

Tabla 7. Cálculo de corrientes para diferentes sistemas.

Monofásico		Bifásico		Trifásico	
$I[A] = \frac{DMU[W]}{V_F[V] * fp}$		$I[A] = \frac{DMU[W]}{V_L[V] * fp}$		$I[A] = \frac{DMU[W]}{\sqrt{3} * V_L[V] * fp}$	
Iluminación	Fuerza	Iluminación	Fuerza	Iluminación	Fuerza
+0,25[%]	+0,5[%]	+0,25[%]	+0,5[%]	+0,25[%]	+0,5[%]

Nota. Corriente dependiente de la carga

2.1.2 Caída de voltaje

Voltaje residual comprendido entre el voltaje inicial (alimentación) y voltaje final (carga), se evalúa en el punto más alejado en la red con referencia al voltaje de alimentación nominal [9].

$$\text{Caída max. de V. [\%]} = \frac{V_{na} - V_{nc}}{V_{na}} * 100 \quad (3)$$

V_{na} : voltaje inicial (alimentación).

V_{nc} : voltaje final (carga), punto más lejano.

Para el cálculo de la caída de voltaje en una red secundaria se establece la distancia desde los bushings de BV del transformador hasta la carga más lejana en BV. En la Tabla 8 se expresa la caída máxima porcentual aceptada [9].

Tabla 8. Caída de voltaje máxima.

Sin cambiador de taps bajo carga		Con cambiador de taps bajo carga	
Urbano	Rural	Urbano	Rural
ΔV	ΔV	ΔV	ΔV
2,5%	3%	3 %	3,5%

Nota. Caída de voltaje de alimentadores.

Caída de voltaje

La caída de voltaje admisible para BV se dimensiona calculando la sección del conductor, dependiente de varios factores como: longitud entre la fuente y carga, corriente del circuito y la resistividad del conductor.

La resistividad del conductor es indispensable para el cálculo y elección de un conductor por medio de la sección transversal, se especifica el comportamiento del material al paso de corriente, se mide en $[\Omega * \text{mm}^2 / \text{m}]$.

Tabla 9. Características de conductores comunes.

Material	Resistividad a 20°C	Resistividad a 70°C	Resistividad a 90°C
Cobre (Cu)	0,018	0,021	0,023
Aluminio (Al)	0,029	0,033	0,036
Alemelec (Al-Mg-Si)	0,032	0,038	0,041

Nota. Resistividad de conductores más usados.

Existen varios métodos para el cálculo del conductor a utilizar, sin embargo uno de los más usados es por sección del conductor en $[\text{mm}^2]$ en redes de BV por medio de la caída de tensión admisible por circuito se utiliza:

Tabla 10. Caída de voltaje por sección del conductor.

Monofásico		Bifásico		Trifásico	
$S = \frac{2 * \rho * l[\text{m}] * I[\text{A}]}{\Delta V_F}$		$S = \frac{2 * \rho * l[\text{m}] * I[\text{A}]}{\Delta V_L}$		$S = \frac{\sqrt{3} * \rho * l[\text{m}] * I[\text{A}]}{\Delta V_L}$	
ΔV normal	ΔV lejano	ΔV normal	ΔV lejano	ΔV normal	ΔV lejano
3%	5%	3%	5%	3%	5%

Nota. Sección del conductor

ρ : Resistividad del material.

$l[\text{m}]$: longitud del circuito.

$I[\text{A}]$: Corriente del circuito.

ΔV : Caída de tensión.

2.1.3 Pozos para red de distribución

La simbología establecida para los pozos de revisión en la guía de diseño de la E.E.Q.S.A. dada por dos tipos, los cuales se caracterizan por los parámetros de su uso [9].



Figura 15. a) Pozo para MV, BV y AP, b) Pozo para Acometidas o Alumbrado.

Fuente: Autor.

Las características de obra civil para la construcción de pozos son: el espesor de las paredes no debe ser menor a los 120 mm y este debe ser de hormigón armado de 210 kg/cm², el piso debe ser construido con grava o un material parecido que sea capaz de filtrar líquidos de 100 mm de espesor [49].

También se clasifican los tipos de pozos de acuerdo a sus dimensiones de largo, ancho y profundidad como se establece en la Tabla 11.

Tabla 11. Dimensión de tipos de pozos.

Tipos	Largo [cm]	Ancho [cm]	Profundidad [cm]
A	60	60	75
B	90	90	90
C	120	120	120
D	160	120	150
E	250	200	200

Nota. Dimensiones normadas en el anexo A de la E.E.Q.S.A.

2.1.4 Banco de ductos

El diseño del banco de ductos soterrados para redes de distribución pertenece a la obra civil, sin embargo, se debe tener en cuenta parámetros establecidos en el Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables [50].

La configuración de los ductos se relaciona el número de filas con el de columnas, además de identificar el tipo de terreno en donde se diseña el proyecto [49].

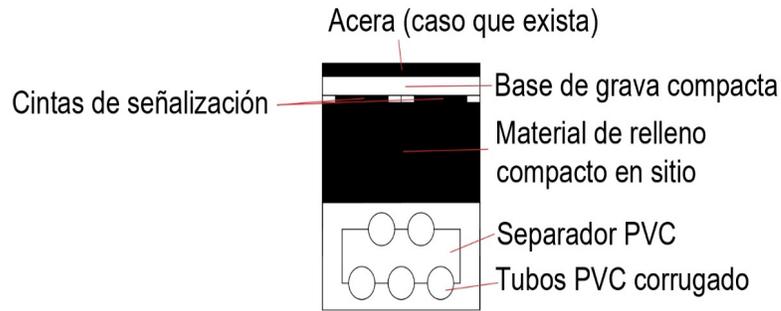


Figura 16. Ejemplo de banco de ductos.

Fuente: Autor.

La configuración del banco de ductos mostrado en la figura es (1x2A+1X3A)1. En el que refiere el (1x2A) es una fila por dos columnas desde un pozo tipo A, a ello se le suma (1x3A) que es la segunda columna que cuenta con tres filas desde un pozo tipo A, el último número mostrado en la configuración muestra el tipo de terreno, en este caso es un terreno blando.

2.1.5 Protecciones

La protección de circuitos instalados se la hace mediante el uso de diferentes tipos de interruptores, pueden ser: térmicos, magnéticos, termo-magnéticos, etc. Se encuentran ubicados en los tableros de distribución y son los encargados de proteger los circuitos diseñados de sobre corrientes o posibles cortocircuitos [51].

Tabla 12. Protecciones según los polos.

1 polo [A]	2 polos [A]	3 polos [A]	Calibre para conector [AWG]
1-15	2-15	3-15	14 a 8
1-20	2-20	3-20	
1-30	2-30	3-30	
1-40	2-40	3-40	8 a 6
1-50	2-50	3-50	
1-60	2-60	3-60	8 a 4
	2-70	3-70	
	2-80	3-80	
	2-90	3-90	
	2-100	3-100	
	2-125		4 a 1/0

Nota. Protecciones comerciales del catálogo de SIEMENS.

2.1.6 Conductores

El calibre del conductor de cobre se lo puede dimensionar, respecto a la corriente del circuito o haciendo referencia a la sección calculada por medio de la longitud del circuito. Generalmente se usa la normalización americana para expresar el calibre del conductor AWG [52].

Tabla 13. Características de conductores comerciales con variación de temperatura.

Calibre [AWG]	Sección mm ²	Corriente a 60°C aislante TW [A]	Corriente a 75°C aislante THWN, THW, RHW [A]	Corriente a 90°C aislante TW [A]	Corriente SPT a 60°C [A]
20AWG	0,519	-	-	-	2
18 AWG	0,823	-	-	-	10
16 AWG	1,31	-	-	-	13
14 AWG	2,08	15	15	15	-
12 AWG	3,31	20	20	20	-
10 AWG	5,27	30	30	30	-
8 AWG	8,35	40	50	55	-
6 AWG	13,3	55	65	75	-
4 AWG	21,2	70	85	95	-
3 AWG	27	85	100	115	-
2 AWG	33,6	95	115	130	-
1 AWG	42,4	110	130	145	-
1/0 AWG	53,5	125	150	170	-
2/0 AWG	67,4	145	175	195	-
3/0 AWG	85	165	200	225	-
4/0 AWG	107	195	230	260	-

Nota. Lista de conductores por calibre y sección.

Seccionamiento de conductores en BV (acometida)

Para realizar el seccionamiento desde el pozo de revisión al TC indicado en el plano se debe utilizar barraje para derivaciones los cuales están instalados en el pozo de revisión eléctrico [49]. Los barrajes poseen distintas características como los especificados en la Tabla 14.

Tabla 14. Características de barraje.

Elemento	Rango
Terminales	6
Calibre de conductor aplicado	AWG #14 hasta 350 MCM

Sellante	Silicona reticulada
Aislante	EPDM, resistente a contaminantes, hongos, rayos UV
Corriente a 90°C	525 [A]
Estándar	ANSI-C119.1-2011

Nota. Características de barraje comercial.

Las derivaciones se realizan a través de los terminales en los barrajes, estas derivaciones se hacen conectando directamente los terminales metálicos en los barrajes [49].

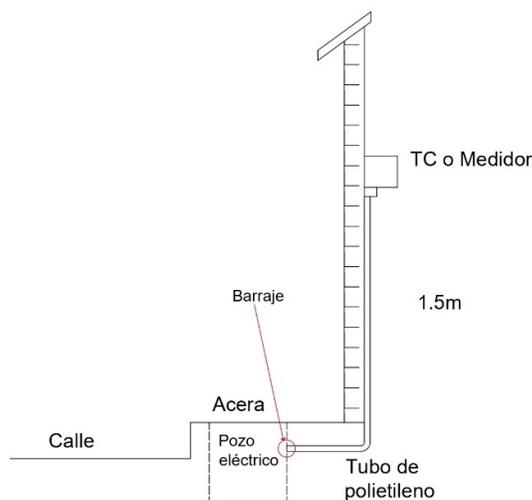


Figura 17. Acometida desde pozo de revisión eléctrico.

Fuente: Autor.

Aislante

Para redes eléctricas soterradas e interiores es esencial el uso de conductores encaquetados con un aislante específico, dependiendo del ambiente al que se va a enfrentar, generalmente están cubiertos por material termoplástico representado por la letra T al cual acompaña una letra dependiendo del uso [52].

Tabla 15. Nomenclatura de aislante para conductores.

Letras	Descripción
T	Aislamiento termoplástico
H	Resistencia de calor hasta los 75°C
HH	Resistencia de calor hasta los 90°C
W	Resistencia al agua y humedad
LS	Baja emisión de humos contaminantes
SPT	Reconocer dos cables paralelos unidos por un material aislante (cable gemelo)

Nota. Nomenclatura de aislante en conductores

2.1.7 Transformadores de distribución

La normativa nacional en la que se basa los estándares para transformadores de distribución es NTE INEN 2-120:98 en donde se establecen los requisitos y pruebas que deben cumplir [53]. La E.E.Q.S.A. establece que para definir la etiqueta del transformador se toma en cuenta si es convencional o autoprotegido, además de la numeración que identifica la potencia nominal del mismo [9].

Tabla 16. Etiqueta para reconocimiento del transformador.

Tipo	Letra	Potencia
Convencional	C	#
Autoprotegido	A	

Nota. Etiqueta de transformadores de distribución

Para establecer la potencia del transformador a instalar se toma en cuenta la demanda de diseño calculada mediante el estudio de carga y se debe optar por el transformador comercial que tenga la capacidad de suministrar energía a la carga [9].

Tabla 17. Transformadores comerciales.

Monofásico Pn [kVA]	Trifásico Pn [kVA]	
5	15	125
10	30	150
15	45	160
25	50	200
37,5	60	225
50	75	250
75	100	300
-	112,5	350

Nota. Capacidades comerciales.

2.1.8 Transición de red aérea a red soterrada

Se considera transición de red aérea a soterrada de red en BV únicamente si la altura mínima del poste es de 10m, el conductor a utilizar debe ser recubierto por aislante de polietileno e introducido por tubería rígida de acero galvanizado con codo de acero de 90° y con puntas en los terminales [50].

Además, que se debe cumplir con los requerimientos establecidos por el Ministerio de Electricidad.

- Tapón de salida múltiple para la boca superior de tubería.
- Unir mediante tubería el poste y pozo ubicado al pie.
- Puesta a tierra de varilla 5/8" de acero recubierta por cobre.

2.2 Estudio de la demanda

La demanda de diseño en redes de distribución aplica directamente para el dimensionamiento de los transformadores de distribución y está ligada a la carga consumida por el cliente por medio de la potencia nominal de la carga.

2.2.1 Carga instalada (Ci)

La carga instalada se refiere a la totalidad del equipo eléctrico instalado en cierta ubicación, esta se la puede analizar en un sistema o circuito eléctrico cuando todos los elementos que consumen energía están conectados, también se lo llama carga conectada y se expresa en vatios [9].

2.2.2 Factor de frecuencia de uso por carga individual (FFUn)

Posibilidad promedio de uso de cada carga instalada correspondiente al consumidor para determinar la incidencia porcentual de cada una de las cargas individuales en las que se establece en base a estimaciones para el cálculo de la demanda de diseño [9].

2.2.3 Carga instalada representativa (CIR)

Indica la potencia consumida por la carga simultáneamente en una fracción o instante de tiempo, se la calcula como:

$$CIR [W] = CI * FFUn \quad (4)$$

2.2.4 Factor de simultaneidad para carga individual (FSn)

Factor expresado en porcentaje y es determinada por la persona encargada de obtener el estudio de demanda por cada una de las cargas instaladas en servicio de la utilización de los elementos que funcionen con energía eléctrica en ese circuito a estudiar [9].

2.2.5 Demanda máxima unitaria (DMU)

Potencia medida o estimada requerida por el consumidor en intervalos de 15 minutos, es el producto de la carga instalada por consumidor representativo y el factor de simultaneidad para denotar la potencia en [kW] y se toma en consideración el factor de potencia para expresarlo en [kVA] [9].

$$DMU [kW]o[kVA] = \frac{CIR * FS_n}{FP} \quad (5)$$

2.2.6 Factor de potencia (FP)

El tener un buen perfil de factor de potencia es sinónimo de calidad y buen funcionamiento del sistema. El factor de potencia varía dependiendo de si el cliente posee una carga inductiva o capacitiva lo cual puede resultar en una multa para el mismo [54].

$$FP = \frac{P [W]}{S [VA]} = \frac{P[W]}{V_{rms}[V] * I_{rms}[A]} \quad (6)$$

P: Potencia activa expresada en [W]

S: Potencia reactiva expresada en [VA]

V_{rms} : Voltaje eficaz

I_{rms} : Corriente eficaz

2.2.7 Factor de demanda (FDM)

Expresa el porcentaje de uso simultáneo de la carga instalada en un periodo dado, además que a nivel comercial no se debe superar el 0,6 de (FDM). Se calcula dividiendo la demanda máxima unitaria y la carga instalada por consumidor representativo [9].

$$FDM = \frac{DMU}{CIR} [p. u.] \quad (7)$$

2.3 Iluminación artificial

2.3.1 Iluminación exterior

La iluminación exterior para áreas de tránsito peatonal debe seguir normas establecidas en la regulación 054/18 planteada por la Agencia de regulación y control de electricidad, en donde se distinguen seis clases de iluminación [55].

Tabla 18. Clases y requisitos de iluminación para tránsito peatonal y ciclistas.

Clase de iluminación	Iluminación promedio [lx]	Iluminación mínima [lx]	Descripción
P1	20	7,5	De gran importancia
P2	10	3	Utilización intensa
P3	7,5	1,5	Utilización moderada
P4	5	1	Utilización baja
P5	3	0,6	Utilización baja e importante mantener el carácter arquitectónico
P6	1,5	0,2	Utilización muy baja

Nota. Valores establecidos a nivel del suelo.

2.3.2 Iluminación interior

Los parámetros a seguir en la iluminación interior dependen del trabajo que se va a realizar en el área a iluminar, según el instituto ecuatoriano de normalización en conjunto con la norma ecuatoriana de construcción establecen estándares para la iluminación en interior en edificaciones, escuelas o residencias [56].

Tabla 19. Iluminancia en áreas interiores.

Clasificación de interiores	Em lux [lx]
Salas de reunión general	150
Salas para exámenes	300
Tarimas o plateas	300
Escritorios	300
En pizarrón	200 a 300
Trabajos manuales y costura	700
Salas de artes	450
Laboratorios	300
Bibliotecas	70 a 150
Estantes o anaqueles	70 a 150
Mesas de lectura	70 a 150
Oficinas	300
Salas de consulta	150
Corredores	70
Escaleras	100

Nota. Áreas de iluminación interior.

2.4 Micro-red

2.4.1 Cálculo del consumo energético

El análisis de PV se realiza en base a la energía promedio estimada en base al estudio de carga sin considerar pérdidas de ningún tipo.

$$E_{\text{total día}}[\text{Wh/día}] = (P_n [\text{W}]) * (N) * (\text{tiempo}[\text{h}]) \quad (8)$$

P_n : Potencia nominal estimada

N: Cantidad de elementos

tiempo: expresado en horas al día

Para el cálculo de la energía real a ser consumida se hace tomando en cuenta las pérdidas técnicas de diferentes tipos, el cual especifica el fabricante de los PV.

$$E_{\text{total real}} [\text{Wh/día}] = (E_{\text{total día}} * \text{Pérdidas [pu]}) + (E_{\text{total día}}) \quad (9)$$

2.4.2 Sistema fotovoltaico

La radiación solar es directamente proporcional a la producción de energía eléctrica mediante PV, para ello es necesario saber el número de horas pico de sol (H_{SP}) por medio de la ecuación (10) [57].

$$H_{SP} = \frac{R}{P_{II}} \quad (10)$$

R: Irradiación global

P_{II} : Potencia de irradiación incidente

Para obtener la H_{SP} mediante la base de datos PVGIS y tener la mayor eficiencia en captación de irradiación solar para los paneles, se debe calcular el ángulo óptimo en el cual van a estar instalados.

$$\theta_{opt} [^\circ] = 3.7 + 0.69 * \text{Latitud} \quad (11)$$

Para la evaluación de energía que puede producir un PV, se calcula mediante [57].

$$E_{p.v.} = I_{p.v.} * H_{SP} * r_{p.v.} \quad (12)$$

$I_{p.v.}$: Corriente obtenida en un día

$r_{p.v.}$: Rendimiento del PV (aproximadamente 0.85 y 0.95 [p.u.]

En el punto de máxima potencia el PV está aportando la máxima transferencia de energía, por lo que su potencia en salida está dada en la ecuación (13) [58].

$$P_{p.v.}(t) = \eta_{p.v.} * S * I(t) * (1 - 0.005(T_0(t) - 25)) \quad (13)$$

$\eta_{p.v.}$: Eficiencia del conjunto de PV.

S: Área de las células fotovoltaicas.

I: Irradiación solar.

T_0 : Temperatura atmosférica en sitio.

Al poseer los datos de corriente y voltaje de cada panel se puede calcular la potencia activa del conjunto de PV modelados mediante (14) [57].

$$P_{p.v.}[W] = I_{p.v.} * V_{p.v.} \quad (14)$$

Tomando en cuenta H_{psol} y la $E_{total\ real}$ se calcula la potencia que debe ser suministrada por los PV [59].

$$P_{PV}[W] = \frac{E_{total\ real}}{H_{SP}} \quad (15)$$

Cantidad de Paneles solares a utilizar.

$$N^{\circ} \text{ de paneles PV} = \frac{P_{PV}[W]}{P_{modulo\ PV}[W]} \quad (16)$$

Potencia real generada por los PV.

$$P_{realPV}[W] = N^{\circ} \text{ de paneles PV} * P_{modulo\ PV}[W] \quad (17)$$

En el cual puede existir un residuo entre la potencia verdadera generada por los paneles debido a que el N° de paneles PV es un numero entero sin decimales.

2.4.3 Sistema de almacenamiento de energía (ESS)

Para el cálculo del ESS se debe tomar en cuenta diferentes variables propias del sistema [59].

Potencia nominal característica de la batería.

$$E_{nESS}[Wh] = I_{nESS}[Ah] * V_{nESS}[V] \quad (18)$$

Generalmente las baterías independientemente de su tipo aprovechan alrededor del 70% del almacenamiento. Se realiza para alargar la vida útil prolongando los ciclos de carga y descarga [59].

$$E_{rESS}[Wh] = \frac{E_{total\ real} * 70}{100} \quad (19)$$

Entonces, para el cálculo correcto del número de baterías se tiene [59]:

$$N^{\circ}_{ESS} = \frac{E_{rESS}}{E_{nESS}} \quad (20)$$

La energía generada por las baterías mediante la aproximación numérica de N°_{ESS} .

$$E_{generadaESS}[Wh] = N^{\circ}_{ESS} * E_{nESS} \quad (21)$$

Para el cálculo del consumo de baterías expresado en porcentaje se aplica [59]:

$$\%Consumo_{ESS} = \frac{E_{total\ real}}{E_{generadaESS}} * 100\% \quad (22)$$

En el caso que se realice un planeamiento de aumento de tiempo para suministro de energía de las baterías hacia la carga, se usa la siguiente expresión [59].

$$N^{\circ}_{ESS} = \frac{E_{rESS} * \text{Días de autonomía}}{E_{nESS}} \quad (23)$$

El análisis de ahorro con respecto a los costos se puede establecer en base al sistema de almacenamiento o referente a la HSP, en este proyecto al tener la HSP en los diferentes meses del año, se debe tomar en cuenta las peores condiciones posibles [60].

$$\text{Ahorro}_{\text{anual}} = \text{Costo}_{\text{local}}[\text{kWh}] * H_{SP}[\text{h}] * P_{\text{realPV}}[\text{W}] * 365 \quad (24)$$

CAPÍTULO III

MEMORIA TÉCNICA

3.1 Descripción

El Proyecto en cuestión está ubicado en la Parroquia rural de Puéllaro perteneciente al Cantón Quito por lo que es dependiente del Municipio del DMQ, cuenta con 214181,17 m² de área levantada y su acceso esta dado por la vía Aloguincho-Coyagal. En el punto más alto del mirador se alcanzan los 2377 msnm y posee clima con poca nubosidad, por ende, buen índice solar.

En su interior se encuentran varios senderos, esculturas e instalaciones civiles las cuales planean fomentar el turismo en la zona. Actualmente el proyecto opera únicamente en el día ya que no cuenta con alumbrado en su interior y exterior.

Por lo que es imprescindible tener un diseño eléctrico y lumínico para el bienestar del mismo, cumpliendo con normativas establecidas por la empresa eléctrica local, agencia de regulación y control, así como reglamentos establecidos en el código eléctrico ecuatoriano.

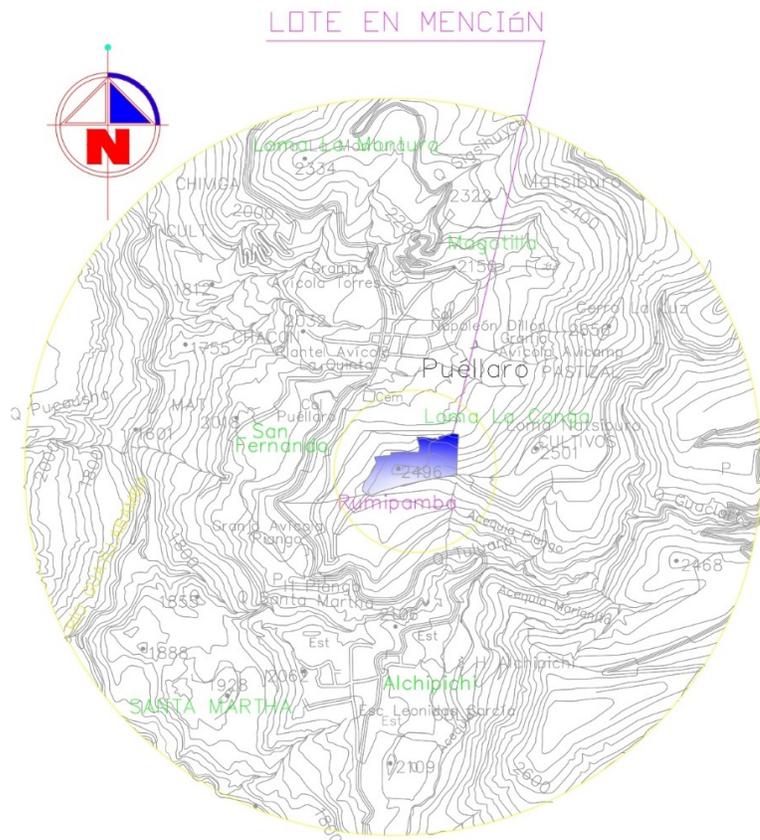


Figura 18. Ubicación del Proyecto Social Ecoturístico Cerro la Luz.

Fuente: Levantamiento topográfico realizado por el Municipio del DMQ.

3.2 Ubicación de pozos de revisión eléctricos

A lo largo de toda la extensión del proyecto se planteó el uso de pozos tipo A con sus dimensiones ya estandarizadas en la normativa de la E.E.Q.S.A. Se ubican en longitudes menores a los 40 metros, en cambios drásticos de dirección y en la transición de red área a red soterrada. En el plano se establece la nomenclatura y configuración de ductos de cada Pre.

Tabla 20. Coordenadas de pozos de revisión eléctrico.

Punto	Norte	Este
Pre01	511386,7522	10006246,0147
Pre02	511382,5742	10006258,0952
Pre03	511367,2540	10006260,7291
Pre04	511361,8665	10006252,3978
Pre05	511330,8802	10006253,3215
Pre06	511300,5443	10006256,7833
Pre07	511301,6187	10006277,7875
Pre08	511272,5916	10006262,9238
Pre09	511263,0716	10006275,0837
Pre10	511249,9524	10006282,3881
Pre11	511220,1318	10006285,2353
Pre12	511182,6316	10006284,4616
Pre13	511149,5316	10006283,2531
Pre14	511111,8363	10006286,3665
Pre15	511109,1830	10006264,8931
Pre16	511104,4715	10006324,6621
Pre17	511086,0628	10006291,2196
Pre18	511055,9552	10006294,9670
Pre19	511027,3972	10006296,2330
Pre20	510999,0733	10006296,8824
Pre21	510970,2142	10006297,1974
Pre22	510949,4710	10006300,2303
Pre23	510935,6406	10006301,6740
Pre24	510919,1624	10006302,7158
Pre25	510948,4186	10006280,0107
Pre26	510926,1562	10006280,5205
Pre27	510902,4452	10006281,1075
Pre28	511084,0846	10006264,3085
Pre29	510874,6429	10006277,6083
Pre30	510857,6522	10006250,0741

Pre31	510824,0049	10006263,2360
Pre32	510875,4012	10006246,4030
Pre33	510896,2458	10006237,7798
Pre34	510831,8630	10006221,2178
Pre35	510805,8284	10006210,4127
Pre36	510771,9819	10006205,7979

Nota. Puntos respecto al plano topográfico.

3.3 Estudio de la demanda

El estudio de demanda realizado tiene el objetivo de dimensionar la carga a ser consumida por el usuario, ayudando al dimensionamiento del transformador en base al anexo A establecido en la E.E.Q.S.A.

El estudio de demanda también tiene el propósito de a través del DMU calcular la corriente de cada circuito que permita hacer el dimensionamiento del conductor como el cálculo de protecciones.

Para la determinación de la demanda del proyecto se basó en el diseño eléctrico de fuerza e iluminación tanto exterior como interior, en base a la plantilla mostrada y las fórmulas planteadas en el Capítulo II. El proyecto al tener cuatro edificaciones se realizó el estudio por separado para que cada una de ellas tenga su propia alimentación a través del TDP. El proyecto al ser turístico es considerado una carga comercial por lo que el factor de demanda analizado no debe superar el 0.6.

Como resultado del análisis de estudio de demanda, se considera un factor de potencia de 0.85 y se obtuvo en la demanda de diseño 10.57 [kVA] por lo que el transformador designado es de 15 [kVA] convencional. Por lo que el transformador tiene un 42% de reserva para una expansión de carga a futuro.

Tabla 21. Resumen de resultados del estudio de demanda por circuito.

Carga	CI[W]	DMU[W]	FDM [pu]
Edificación 1	2560	1588,8	0,6
Edificación 2	1845	765,6	0,4
Edificación 3	4213	2128,24	0,5
Edificación 4	8706	4032,88	0,5
Iluminación de áreas externas y esculturas	1980	396	0,2
Iluminación de sendero principal	380,5	76,1	0,2

Nota. El FDM no supera el 0.6

El factor de demanda en el estudio de cada una de las cargas no supera el 0.6 por lo que cumple con el estándar establecido en el anexo A de la E.E.Q.S.A.

3.3.1 Cálculo de corrientes

El cálculo de corrientes tanto para el circuito que alimenta el TDP como para los circuitos secundarios se calcula mediante las fórmulas establecidas en los criterios de diseño, dependiente de la DMU [W] con un factor de potencia de 0.85.

Para el diseño de la protección general del proyecto se tomó en cuenta la demanda de diseño establecida para el transformador. La corriente entre el secundario del transformador y el TDP se establece en la Tabla 22.

Tabla 22. Demanda de diseño para dimensionamiento de transformador.

Sección	DD [kVA]	Fases	Voltaje [V]	FP	Corriente [A]
Secundario del transformador-TDP	10,57	2	240	0,85	44,042

Nota. Corriente de la acometida.

Para los circuitos secundarios se toma en cuenta las fases que van a alimentar cada uno de ellos, la mayoría de circuitos son monofásicos, sin embargo, los circuitos que van a alimentar más potencia de carga se hace el cálculo bifásico para disminuir el calibre del conductor tanto como la corriente.

Tabla 23. Corriente por circuito.

Sección	Potencia [W]	Fases	Voltaje [V]	FP	Corriente [A]
TDP-TC1	1588,8	1	120	0,85	15,58
TDP-TC2	765,6	1	120	0,85	7,51
TDP-TC3	2128,24	1	120	0,85	20,87
TDP-TC4	4032,88	2	240	0,85	19,77
Iluminación de áreas externas y esculturas	396	2	240	0,85	1,94
Iluminación de sendero principal	76,1	1	120	0,85	0,75

Nota. Corriente para cada circuito secundario.

3.3.2 Protecciones

En la sección de protecciones de criterios de diseño se establece las protecciones comerciales brindadas por SIEMENS, por lo que en la Tabla 24 se establece si la protección se establece para un circuito de fuerza o iluminación.

Tabla 24. Selección de protecciones comerciales.

Sección a proteger	Corriente [A]	Factor	Corriente D. [A]	Protección
Secundario del transformador-TDP	44,042	x1,5	66,063	2P-70A
TDP-TC1	15,58	x1,5	23,37	1P-30A
TDP-TC2	7,51	x1,5	11,265	1P-15A
TDP-TC3	20,87	x1,5	31,305	1P-40A
TDP-TC4	19,77	x1,5	29,655	2P-30A
Iluminación de áreas externas y esculturas	1,94	x1,25	2,425	2P-15A
Iluminación de sendero principal	0,75	x1,25	0,9375	1P-15A

Protección del transformador

El transformador dimensionado es monofásico convencional de 13,2 [kV] en el primario y 120/240 [V] en el secundario.

El transformador diseñado en la DD es de 15 [kVA] por lo que las protecciones características del mismo están normadas en el anexo A de la E.E.Q.S.A. Para la protección en el lado del primario se hizo uso de un seccionador fusible 2H con corriente nominal en el primario de 1,14 [A] con código 02624102. Para la protección del secundario del transformador se dimensiono dos fusibles NH Tipo 3 de 63 [A] para cada una de las dos fases con código 02621106 bajo normativa.

3.4 Diseño eléctrico

El diseño eléctrico del proyecto se enfoca en la red de BV partiendo desde el dimensionamiento del transformador monofásico el cual va a ser alimentado por la red aérea primaria monofásica de MV existente, ubicada en el exterior de la entrada principal del proyecto, haciendo que no sea necesario realizar una derivación de MV.

3.4.1 Características de la red primaria

La red primaria existente en la zona es una derivación de la red primaria trifásica principal, su voltaje trifásico es de 22,8 [kV], por lo que la red de MV monofásica que llega a la entrada principal del proyecto es de 13,2 [kV]. La red primaria llega hasta el poste (P01) circular de hormigón de 12m establecido en el plano.

La red de MV es radial del alimentador 22D proveniente de San Antonio de Pichincha, la fase de conexión es la A con calibre ACSR 3/0 de aluminio desnudo.

3.4.2 Diseño eléctrico de red secundaria de BV

La red secundaria parte desde el dimensionamiento de un transformador de 15 [kVA] monofásico convencional y se la reparte en todo el proyecto a través de pozos de revisión eléctricos (Pre##). El voltaje secundario del transformador al ser monofásico es de 120/240 [V] a fase partida. Al no contar con cambiador de tap la caída de tensión en zona rural establecido por la E.E.Q.S.A. es del 3%.

El diseño eléctrico se realiza a través de soterramiento por que el proyecto tiene el objetivo de ser sostenible y amigable con el medio ambiente, evitando así contaminación visual y manteniendo la imagen ecológica del proyecto.

3.4.3 Circuito de alimentación principal de BV

Se realiza la acometida que permita la alimentación de energía al TDP en el proyecto, se debe tomar en cuenta la transición de red aérea a red soterrada en BV. El diseño parte desde el poste (P01) ubicado en (511386,8532 norte; 10006245,1663 este) de 12m, en donde se realiza dicha transición al pozo de revisión eléctrico (Pre01), que se ubica al pie del poste. Desde el (Pre01) existe una distancia de 12.09m hasta el (Pre02) en donde se encuentra ubicado el tablero de distribución principal, al igual que un medidor totalizador encargado de cuantificar la energía consumida. La alimentación está dada por dos fases y un neutro con calibre de conductor (2#4AWG+1#4AWG) de cobre con aislamiento TTU, con este conductor la caída de voltaje calculada es de 0,94 [%].

El TDP es el encargado de proteger y controlar los seis circuitos derivados: cuatro direccionados a tableros secundarios (TC) y dos diseñados para la iluminación exterior.

3.4.4 Circuitos Secundarios de BV

Circuito de alimentación I

Circuito encargado de alimentar al TC1 de 1,87 [kVA] ubicado en la edificación 1 y suministra energía únicamente a su interior. Es un circuito monofásico de 120 [V], únicamente cuenta con dos conductores de cobre aislado tipo TTU (fase y neutro) de calibre (1#6AWG+1#6AWG), en el cálculo de la caída de voltaje con los conductores seleccionados es de 0,21 [%].

Circuito de alimentación II

Circuito encargado de suministrar energía al TC2 de 0,9 [kVA] ubicado en la edificación 2, el TC2 se encarga de proteger el circuito interno de iluminación y fuerza de la edificación. Es un circuito monofásico de 120 [V], su conductor es de cobre con aislamiento TTU (1#6AWG+1#6AWG). El circuito tiene una longitud de 105,2 metros, recorriendo la red soterrada desde el Pre02 hasta el Pre07 por lo que la caída de voltaje es 0,46[%].

Circuito de alimentación III

Circuito encargado de suministrar energía al TC3 ubicado en la edificación 3, encargado de proteger el circuito interno de iluminación y fuerza de la edificación. Es un circuito monofásico de 120 [V], su conductor es de cobre aislado (1#6AWG+1#6AWG) desde el Pre02 hasta el Pre10 y (1#4AWG+1#4AWG) desde el Pre10 hasta el TC3, la caída de voltaje total calculada es de 2,88[%].

Circuito de alimentación IV

Circuito de 240[V], es la carga más representativa del proyecto, por lo que es necesario dos fases para la alimentación del TC4 ubicado en la edificación 4, tiene una longitud de 467m, circuito diseñado con conductor de cobre aislado (2#1/0AWG+1#1/0AWG), con dicho conductor la caída de voltaje calculada es de 2,87[%].

Circuito de iluminación exterior I

El circuito de iluminación exterior I es controlado desde el TDP por la caja de control para alumbrado especificada en el plano. Circuito encargado de iluminar las tres áreas exteriores por medio de postes metálicos de 7m con luminarias especificadas en el análisis de iluminación, además de proteger y controlar la iluminación en las esculturas exteriores existentes del proyecto. La caída de tensión calculada es 1,95 [%] con conductor aislado de Cobre (1#4AWG+1#4AWG), con protección TTU. El calibre del conductor esta dado en secciones por lo que se especifica en el anexo 1 y plano.

Circuito de iluminación exterior II

Encargado de la iluminación del sendero principal a través de bolardos y del letrero en 3D del proyecto, circuito diseñado con conductor de cobre aislado (1#6AWG+1#6AWG), con dicho conductor la caída de voltaje calculada es de 0,374 [%].

3.4.5 Diseño eléctrico interior

El diseño eléctrico interior está dado en cuatro edificaciones, las características de cada edificación se especifican los planos, al igual que los circuitos internos de cada edificación especificados en el diagrama unifilar.

3.5 Conexiones a tierra

En el proyecto existen diferentes puntos donde se debe conectar la red a tierra, se deben efectuar en los siguientes puntos:

- Transformador convencional monofásico en poste de 15 [KVA].
- Tablero de distribución principal (TDP) y tableros tipo centro de carga (TC1, TC2, TC3, TC4).
- Finales de circuitos secundarios (Pre07, Pre15, Pre21, Pre24, Pre36).

3.6 Análisis de iluminación

El proyecto actualmente no cuenta con ninguna clase de iluminación artificial para satisfacer las necesidades visuales en horarios con poca iluminación natural. Para establecer un correcto diseño lumínico exterior e interior se utilizó el software Dialux evo, en el que se simuló las áreas deseadas a través de luminarias LED comerciales de la marca Sylvania.

3.6.1 Análisis de iluminación exterior

La iluminación exterior del proyecto se enfoca en el alumbrado de áreas peatonales turísticas, sendero y esculturas, bajo estándares de la resolución 054/18 establecida por la agencia de regulación y control de electricidad. La clase de iluminación asociada al área esta especificada en cada superficie de área exterior a iluminar y la uniformidad es igual o superior al 40%.

Sendero

El proyecto posee en su interior varios senderos de recreación a nivel turístico por lo que se planea únicamente la iluminación del sendero principal, el cual une las zonas más representativas. Para la iluminación se realizó el estudio mediante luminarias tipo bolardo. Su longitud es aproximadamente 420m y 4,5m de ancho, por lo que las luminarias se encuentran repartidas uniformemente a ambos lados del sendero, aproximadamente a 10m con respecto a la anterior.

Los cálculos realizados a través de Dialux evo están dados en el área WP14, en el que se establece la clase de iluminación peatonal como P4 con iluminación de 5 [lx] de valor promedio y 1 [lx] como valor mínimo asociado a la baja utilización nocturna

para peatones. La iluminación esta simulada por medio de luminarias tipo bolardo ubicadas a un metro de altura con respecto al suelo, en la Tabla 25 se especifica las características de la luminaria.

Tabla 25. Características de luminarias en sendero.

Fabricante	Cantidad	Tipo	Protección	Potencia [W]	Flujo luminoso [lm]	Rendimiento [lm/W]
Sylvania	44	Feilo Bllrd	IP54	8,4	679	80,8

Nota. Características de luminaria.

Esculturas

Las esculturas son los monumentos construidos como atractivos turísticos y se ubican en distintos puntos georreferenciados en área del proyecto. En la Tabla 26 se detallan las coordenadas y el número de luminarias a utilizar en cada punto.

Tabla 26. Coordenadas de esculturas a iluminar con el número de luminarias empleadas.

Escultura	Norte	Este	N° de luminarias
E1	511293,169	10006268,628	4
E2	511104,445	10006327,759	2
E3	511031,279	10006306,677	2
E4	510821,438	10006265,409	2
E5	510767,027	10006203,106	7
E6	510830,516	10006216,395	1
E7	510908,198	10006235,487	1
E8	510871,246	10006244,106	1

Nota. Luminarias utilizadas por escultura.

Todas las luminarias para esculturas son de la marca Sylvania SylFlood con las siguientes características.

Tabla 27. Características de luminarias para esculturas.

Fabricante	Cantidad	Tipo	Protección	Potencia [W]	Flujo luminoso [lm]	Rendimiento [lm/W]
Sylvania	20	SylFlood Black	IP65	9	1000	111,1

Nota. Características de luminaria.

Áreas externas peatonales

La iluminación de las tres áreas externas calculadas a través de Dialux evo se establece en la regulación 054/18 la clase de iluminación peatonal como P2 con iluminación de 10 [lx] de valor promedio y 3 [lx] como valor mínimo asociado a la utilización intensa por peatones. Las luminarias en las tres áreas están elevadas por postes metálicos de 7m, como se especifica en el plano.

Tabla 28. Características de áreas peatonales exteriores.

Nombre	Referencia	Norte	Este	Área [m ²]	Nº de luminarias
AE1	Entrada	511375,2991	10006250,1969	270	4
AE2	Juegos infantiles	511088,0175	10006276,5692	728	5
AE3	Lago-Mirador	510928,7555	10006290,8332	533	6

Nota. Luminarias utilizadas por área

Para la iluminación dada desde el poste metálico de 7m se establece el mismo tipo de luminarias en las tres áreas planteadas.

Tabla 29. Características de luminarias en áreas peatonales exteriores.

Fabricante	Cantidad	Tipo	Protección	Potencia [W]	Flujo luminoso [lm]	Rendimiento [lm/W]
Sylvania	15	Skyline LED midi	-	120	17765	148

Nota. Características de luminaria.

3.6.2 Resultados de Análisis de iluminación exterior

El análisis de iluminación exterior realizado a través de Dialux evo, está dividido en cuatro áreas externas, las tres primeras áreas corresponden a zonas recreativas en la que las luminarias se encuentran a una altura de 7m, elevadas con postes metálicos y la última pertenece a la iluminación del sendero principal en la que se utilizó bolardos de 1m. Todas las luminarias ubicadas en el exterior poseen protección con respecto al polvo y agua.

Tabla 30. Resumen de resultados de iluminación exterior.

Área	E(Nominal) [lx]	E _{min} [lx]	E _{máx} [lx]	g1	g2
AE1	52,2(≥10)	21,3	85,9	0,41	0,25
AE2	45,3(≥10)	31,7	64	0,48	0,34
AE3	52,0(≥10)	23	74,6	0,44	0,31

Sendero 9,65(≥ 5) 0,14 174 0,015 0,001

Nota. Resultados de Dialux

3.6.3 Análisis de iluminación interior

El proyecto consta con cuatro edificaciones ubicadas en diferentes áreas interiores a través de Dialux evo, las luminarias interiores utilizadas se encuentran a una altura de 2,3m con respecto al piso. Se hizo uso de dos luminarias para interiores de la marca Sylvania.

Tabla 31. Características de luminarias interiores.

Fabricante	Cantidad	Tipo	Protección	Potencia [W]	Flujo luminoso [lm]	Rendimiento [lm/W]
Sylvania	52	START eco Downlight	-	11,9	960	80,9
Sylvania	2	LED PANEL RD	-	5,9	444	75,2

Nota. Características de luminarias internas.

Para todas las áreas calculadas a través de simulación se tomó en cuenta normativa de iluminación en interiores establecida en la norma INEN 1-153. En la Tabla 32 se especifican los valores calculados con respecto a los parámetros de estantes, mesas de lectura y anaqueles.

Tabla 32. Resumen de resultados en áreas interiores.

Edificaciones	N° de áreas	Pisos	Área [m ²]	E(nominal) [lx]	g1
Edificación 1	Local 1	PB	4,7	90,8	0,46
	Local 2		14,1	88,2	0,34
Edificación 2	Local 3	PB	10,08	78,2	0,5
	Local 4		9,37	73	0,42
Edificación 3	Local 5	PB	9,37	75,9	0,45
	Local 6		6,34	137	0,43
	Local 7		SB	6,12	168
Edificación 4	Local 8	PB	14,87	137	0,42
	Local 9		54,24	126	0,29
	Local 10		PA	53,78	110

3.7 Cálculo de Energía para dimensionamiento

En base al estudio de demanda realizado para cada una de las cargas y con una aproximación del tiempo por horas en las que se van a dar uso, se calculó la energía consumida por día y mes para posteriormente proceder a realizar los diferentes cálculos para los componentes de una Micro-red.

Tabla 33. Resumen de energía consumida en las diferentes cargas.

Área	Potencia [W]	Tiempo [h/día]	Energía-día [Wh/día]	Energía-día [kWh/día]	Energía-mes [kWh/mes]
Edificación 1	1588,8	3	4766,4	4,766	142,922
Edificación 2	765,6	3	2296,8	2,2968	68,904
Edificación 3	2128,24	4	8512,96	8,51296	255,388
Edificación 4	4032,88	4	16131,52	16,13152	483,9456
Iluminación de áreas externas y esculturas	396	2	792	0,792	23,76
Iluminación de sendero principal	76,1	2	152,2	0,1522	4,566

Nota. Energía calculada dependiente del estudio de carga

3.8 Hora solar pico

El análisis de hora solar pico de debe realizar para el diseño de PV, mediante el resultado de la HSP se puede estimar el número de paneles a usar, la incidencia de sol sobre los paneles es reflejada directamente en la potencia. Se considera a la HSP como el número de horas a través de un día en donde la irradiancia alcanza los 1000[W/m²]. La HSP es proporcionada mediante la base de datos de PVGIS. Para obtener la mayor eficiencia en captación de energía en los paneles se debe calcular el ángulo óptimo en el que los PV van a estar instalados mediante la ecuación (11), tomando en cuenta la latitud en la que se encuentra el proyecto (lat:0,057).

La inclinación óptima para los PV es de 3,74°, el ángulo obtenido es pequeño con respecto a otros lugares del mundo por que el proyecto se encuentra muy cercano con respecto a la línea ecuatorial.

A través de la base de datos mencionada se obtuvo la información de irradiación mensual durante todo un año por lo que se hizo necesario calcular la irradiación con respecto a los días. En la Tabla 34 se especifica el tiempo en horas de las HSP durante todos los meses del año.

Tabla 34. Hora solar pico en todos los meses del año.

Mes	Irradiación mensual [kWh/m ²]	Irradiación diaria [kWh/m ²]	Irradiación diaria [Wh/m ²]	P. irradiación incidente [W/m ²]	HSP [h]
Ene	174,46	5,63	5627,74		5,63
Feb	182,19	6,51	6506,79		6,51
Mar	173,89	5,61	5609,35		5,61
Abr	166,62	5,55	5554,00		5,55
May	157,07	5,07	5066,77		5,07
Jun	169,29	5,64	5643,00	1000	5,64
Jul	165,02	5,32	5323,23		5,32
Ago	189,03	6,10	6097,74		6,10
Sep	202,75	6,76	6758,33		6,76
Oct	172,52	5,57	5565,16		5,57
Nov	172,9	5,76	5763,33		5,76
Dic	196,1	6,33	6325,81		6,33

Nota. Hora solar pico en referencia a los meses.

3.9 Cálculo de paneles fotovoltaicos

Para el cálculo de PV se toma en cuenta las peores condiciones posibles con respecto a la hora solar pico en el intervalo de un año al igual que las características del PV comercial seleccionado. Para el cálculo de PV se toma en cuenta la energía al día consumida en base al estudio de demanda realizado y la hora solar pico en el mes de mayo. Existe gran variedad de PV en el mercado mundial con diferentes características y precios, para ello se establece el PV más conveniente.

3.9.1 Características del PV

El PV de la distribuidora ecodirect manufacturado por Siliken SLK60P6L BLK/BLK-245W.

Tabla 35. Características eléctricas y mecánicas del PV.

Características	
Tipo	Poly
Dimensiones	1640x990x40 mm
Peso	41,9 [lbs]
Área	1,6236 [m ²]
Marco	Anodized Black
Conector	MC4
Watts (STC)	245 [W]
Watts (PTC)	179,20 [W]
Voltaje en potencia pico (VMPP)	29,90 [V]

Corriente en potencia pico (IMPP)	8,23 [A]
Voltaje en circuito abierto (VOC)	37,4 [V]
Corriente de corto circuito (ISC)	8,82 [A]
Voltaje máximo del sistema (DCUL)	600 [V]

Nota. Características técnicas

3.9.2 Área de tejados

Se analizaron las áreas de los tejados de las edificaciones con más superficie, por lo que únicamente se evalúan la edificación 1, edificación 2 y edificación 4.

Edificación 1

La edificación 1, ubicada en la entrada principal del proyecto tiene un área en su tejado de 62,9 m². Por lo que en un análisis hipotético se puede instalar hasta 38 PV.

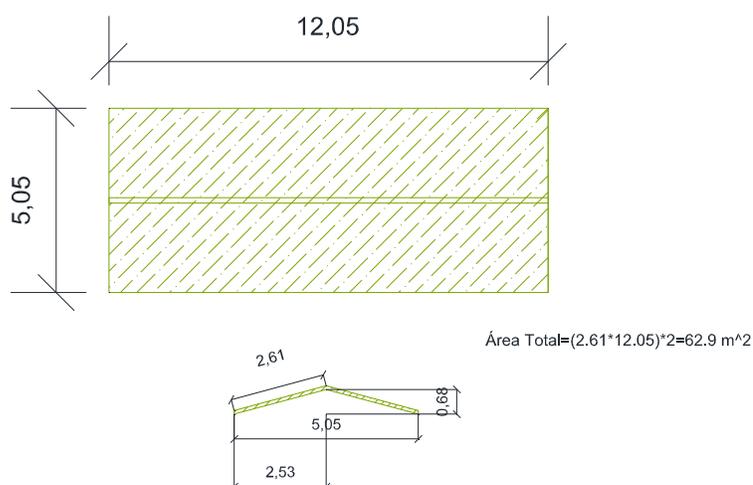


Figura 19. Dimensiones del tejado de la edificación 1.

Fuente: Municipio del DMQ.

Edificación 3

No se analizó la edificación 2 porque es la que menor área de construcción civil tiene. La edificación 3 ubicada a la mitad del sendero principal tiene un área en su tejado de 42 m². Por lo que en un análisis hipotético se puede instalar hasta un número de 25 PV.

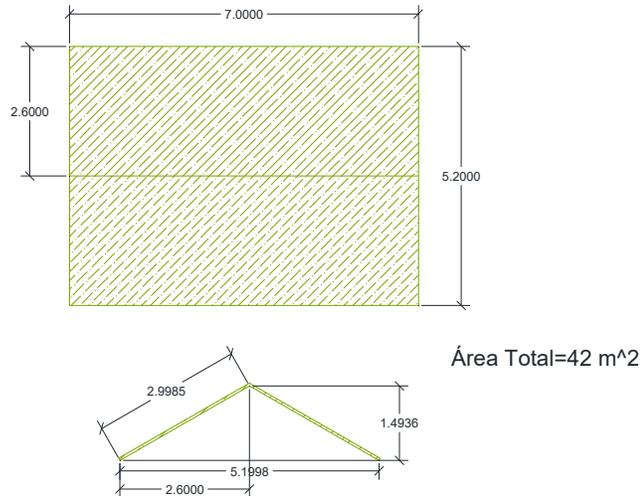
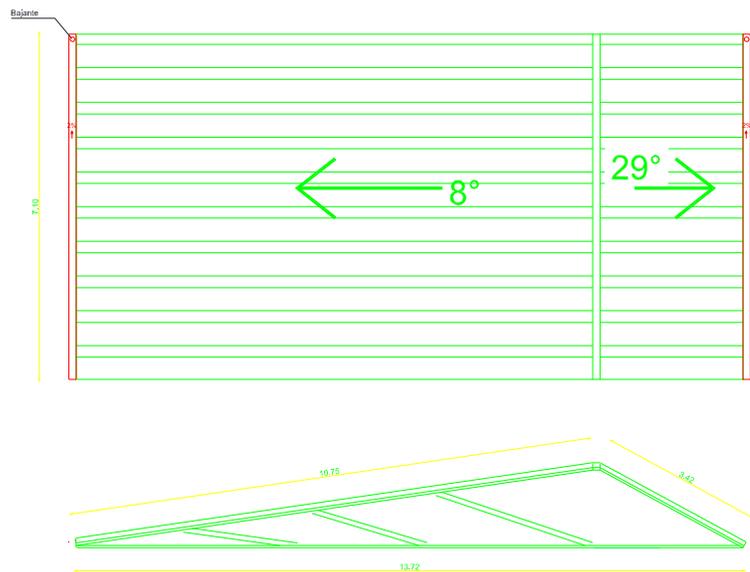


Figura 20. Dimensiones del tejado de la edificación 3.

Fuente: Municipio del DMQ.

Edificación 4

La edificación 4 es la más grande del proyecto, por lo que tiene la mayor carga eléctrica, el área de construcción civil más grande y el tejado con mayor área la cual es de 100,6 m². Por lo que en un análisis hipotético se puede instalar hasta un número de 61 PV.



$$\text{Área total} = 76.325 + 24.282 = 100.607 \text{ m}^2$$

Figura 21. Dimensiones del tejado de la edificación 4.

Fuente: Municipio del DMQ.

3.9.3 Cálculo de PV acorde a la HSP más baja.

En el cálculo de PV además de tomar en cuenta las condiciones antes mencionadas, el fabricante recomienda contabilizar las pérdidas efectuadas por diversos factores, dichas pérdidas tienen un valor aproximado del 30%.

Tabla 36. Pérdidas relacionadas a PV.

Pérdidas técnicas y no técnicas	
Por cableado	1%
Por conversión de energía	5%
Por efectos de temperatura	15%
Por polvo y sombras	8%

Nota. Pérdidas consideradas para el análisis.

El número de PV calculados para el proyecto depende directamente de la energía consumida por la carga, por lo que se realizó el análisis con respecto a los PV necesarios para alimentar cada una de las cargas.

Tabla 37. Resultado del PV necesarios para alimentar cada carga.

ÁREA	Potencia [W]	Potencia suministrada PV [W]	N° Paneles	N° Paneles Real
Edificación 1	1588,8	1222,15	4,99	5
Edificación 2	765,6	588,92	2,40	3
Edificación 3	2128,24	2182,81	8,91	9
Edificación 4	4032,88	4136,29	16,88	17
Iluminación de áreas externas y esculturas	396	203,08	0,83	1
Iluminación de sendero principal	76,1	39,03	0,16	1

Nota. Resumen de cálculos realizados

Un total de 36 PV instalados tienen la capacidad de abastecer a la carga en todos sus circuitos. Únicamente se utilizará el tejado de la edificación 1, para la instalación de los 36 PV, en este tejado se puede instalar hasta 38 PV por su área calculada. Es escogió la edificación 1 ubicada aproximadamente a 5m del TDP, siendo la más cercana para distribuir la potencia desde el mismo a todos los circuitos secundarios del proyecto, evitando caída de tensión entre el sistema PV y el TDP encargado de la distribución de energía en todo el proyecto.

3.10 Cálculo para el sistema de almacenamiento

Para el dimensionamiento del número de baterías comerciales capaz de almacenar la suficiente energía para satisfacer a la carga, se ha investigado baterías comerciales en conjunto con el tipo de tecnología que maneja considerando las más conveniente para el proyecto.

3.10.1 Características de la batería

Se considera la distribuidora de Pro viento S.A. Energías renovables Ecuador de la marca SBB Sunbright battery con código 6-GFM(G)-150 de referencia. Es una batería sellada de Gel de ciclo profundo con las siguientes características:

Tabla 38. Características eléctricas y mecánicas de la batería.

Características de batería	
Corriente por hora	150 [A.h.]
Voltaje DC	12 [V]
Vida útil	10-12 [años]
Ciclos	2400 a 30% DOD
Dimensiones	486x171x241 [mm]
Peso	47 [kg]

Nota. Temperatura ambiente de 25°C

Según el fabricante, si la temperatura aumenta 20°C más a lo planteado la vida útil de la misma puede verse afectada hasta en un 50%.

3.10.2 Numero de baterías necesarias

En las características de batería nos muestra 2400 ciclos a 30% de DOD, se asume únicamente el 70% de utilización en el almacenamiento de la batería con el fin de cumplir con lo recomendado por el fabricante y precautelar la vida útil de la batería. Para el cálculo de baterías necesarias para el suministro de energía en el proyecto se toma en cuenta la energía que puede proporcionar cada batería.

Tabla 39. Resultado del número de baterías.

Energía-real [Wh/día]	Energía-batería [Wh/día]	Nº Baterías	Nº Real Baterías
42447,44	60639,21	33,69	34

Nota. Número de baterías tomando en cuenta el 30% de DOD

El número empleado para respaldo de energía para un día es de 34 baterías. Si se planea aumentar los días de respaldo se hace efecto de la ecuación (23). Para el proyecto se planifica únicamente un día de respaldo.

Entonces se puede calcular el porcentaje de consumo en las baterías, tomando en cuenta la energía generada real por el sistema de almacenamiento. Se hace uso de la ecuación (21), dando como resultado 61200[Wh].

El porcentaje de consumo por las características de la batería seleccionada no puede ser superior al 70% por el hecho que disminuiría la vida útil para el que fue fabricada. Para determinar este porcentaje se utilizó la ecuación (22) en la que el resultado es de 69,3586[%] comprobando que el diseño del sistema de almacenamiento cumple con la condición establecida en las características de la batería.

3.11 Modelado del rendimiento energético del sistema PV

La GD es una opción para la electrificación de zonas lejanas a una red de distribución, dicha generación se puede dar a través de sistemas autónomos de paneles fotovoltaicos (SA-SPV) implementando sistemas de almacenamiento de energía (ESS) para el suministro de energía en la noche. Con la aplicación de convertidores bidireccionales en base a electrónica de potencia al sistema SA-SPV se logra generar, almacenar y proveer energía a las cargas, creando el concepto de Micro-red.

En el presente proyecto se busca demostrar mediante el software de simulación Homer pro la optimización de recursos energéticos para la carga planteada de 32,65 [kWh], en conjunto de PV y ESS se encuentra en la edificación 1 con las características calculadas anteriormente.

Una Micro-red en base a PV puede funcionar de manera autónoma como conectada a la red cumpliendo el objetivo de la obligación de energía renovable (RPO). Cuando el SA-SPV se conecta a la red deja de ser autónomo por lo que únicamente se lo conoce como (SPV). Actualmente los SPV no se utilizan únicamente en zonas rurales, sino que empiezan a formar parte de zonas urbanas para la implementación de un mercado energético.

Los convertidores bidireccionales mencionados ayudan a actualizar los sistemas SA-SPV a sistemas SPV con conexión a la red. Cuando el SPV se conecta a la red provee beneficios de sistemas autónomos como de sistemas dependientes de red. En algunos países tecnológicos los gobiernos desarrollan planes para la creación de un mercado eléctrico a favor de los sistemas SPV, dicho mercado es de mayoristas y minoristas.

3.11.1 Descripción del sistema

Para el desarrollo de la Micro-red monofásica en el presente proyecto se planea el sistema SA-SPV montado en el tejado de la edificación 1 con una potencia pico de 8,82 [kWp]. En modo de operación autónomo el ESS consta 10 baterías de 538 [Ah] de almacenamiento con un voltaje de 12 [V], haciendo que la energía del banco de baterías sea equitativa con la batería comercial calculada. Se adopta un inversor unidireccional de 10 [kW], para convertir la energía proporcionada por los PV y el sistema de ESS hacia la carga.

El sistema funciona de manera autónomo, los PV proporcionan energía para ser almacenada en el ESS a través del controlador de carga (MPPT), encargado de suspender el suministro del ESS cuando esté completamente cargado.

3.11.2 Simulación del sistema en Homer Pro

El sistema simulado consta de dos barras, una de AC y otra de DC, en la barra de AC se encuentra la carga y la red de distribución, en la barra de DC se encuentra el sistema de PV y ESS. Para poder enlazar las barras se hace uso de un conversor bidireccional únicamente para la simulación. El funcionamiento de la Micro-red prioriza la carga del ESS hasta completar su carga máxima en el día. Por lo que el conversor al ser bidireccional asegura la carga diaria del ESS, descarga y el aporte de electricidad a la red maximizando la utilización del sistema. Los datos técnicos de simulación en el sistema se presentan en la Tabla 40.

Tabla 40. Datos técnicos para simulación.

Componente	Dato	Eficiencia
Sistema PV	8,82 [kWp]	17,91 [%]
ESS	538 [Ah], 12 [V]	97 [%]
Control de carga (MPPT)	10 [kW]	97 [%]
Conversor bidireccional	10 [KW]	97 [%]
Load	32,7 [kWh]	-

Nota. Parámetros calculados y proporcionados por el fabricante.

El esquema de simulación en Homer Pro se muestra en la Figura 22.

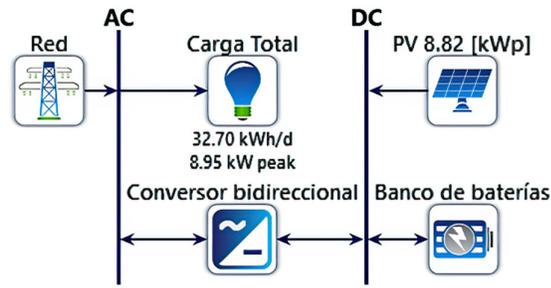


Figura 22. Diagrama esquemático de la Micro-red en Homer Pro.

Fuente: Autor.

Datos de recursos para simulación

Los valores medios diarios de la Irradiancia Horizontal Global (GHI) y la temperatura ambiente en el lugar durante todos los meses del año, se toman de la base de datos del Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL) incorporada en el software HOMER Pro. La carga total del sistema es de 8.98 [kW], y define el tiempo de operación de los elementos y circuitos en un día normal. Suponiendo que la red de distribución tiene una disponibilidad del 100 [%] durante todo el año, que sustente a la carga cuando el sistema de PV y almacenamiento no opere.

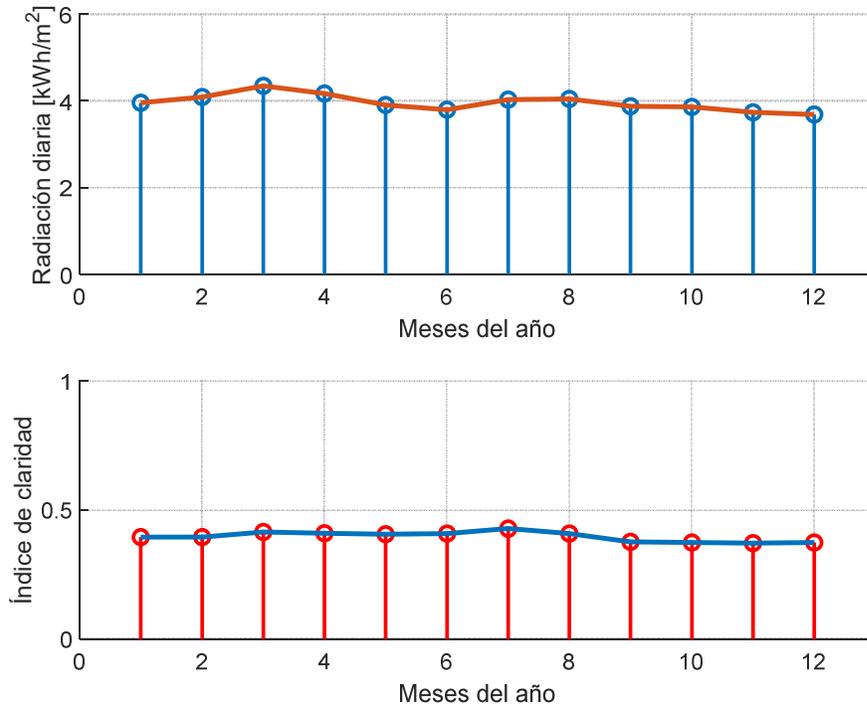


Figura 23. Recurso solar GHI.

Fuente: Autor.

Energía mensual suministrada por SPV y la Red

La energía consumida total del proyecto es suministrada por el sistema de almacenamiento y la red. La Figura 24 muestra la contribución por mes de todo un año del ESS y la red con respecto a la carga total. El software de simulación indicó la energía proveniente del ESS representa el 60,8 [%] y de la red representa el 39,2 [%] de consumo total durante un año.

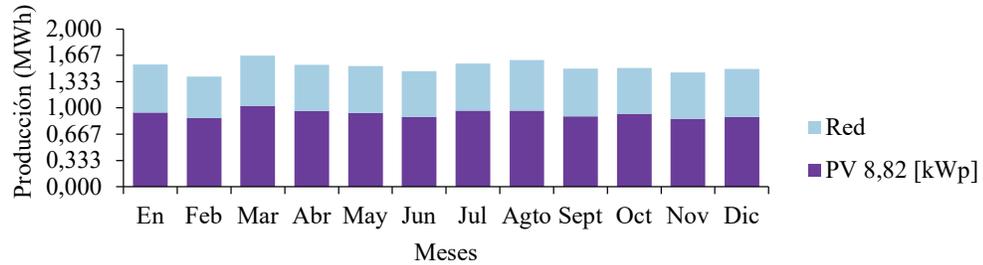


Figura 24. Aporte de energía del SPV y la Red hacia la carga.

Fuente: Autor.

Rendimiento energético del sistema fotovoltaico

La base de datos impartidos por Homer Pro indica un promedio de GHI anual diario de 3,961 [kWh/m²]. La radiación solar promedio diaria más baja ocurre durante los últimos cuatro meses del año. El GHI mínimo ocurre durante el mes de diciembre es de 3,69 [kWh/m²], y el GHI máximo ocurre durante el mes de marzo con un 4,35 [kWh/m²]. La energía producida por el sistema de PV por día durante todo un año refleja la variación de la penetración de energía en los PV.

La Figura 25 muestra la penetración de potencia en el SPV la cual varía alrededor del 0 [kW] a 8,51 [kW], con una producción total de energía anual de 11,113 [kWh/año], los resultados mostrados señalan que existe un 93,1 [%] de relación entre la energía del SPV generada y la carga promedio suministrada.

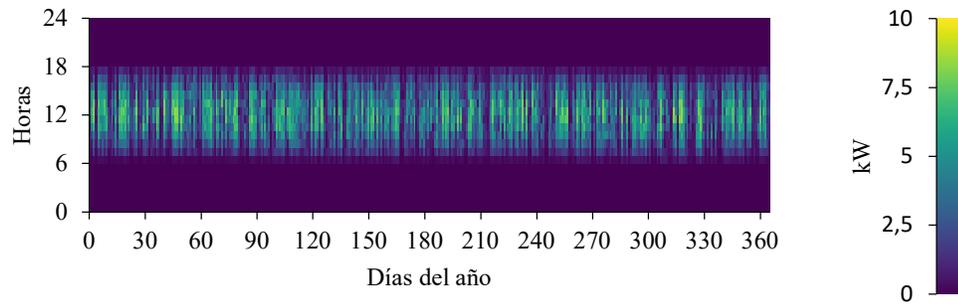


Figura 25. Potencia de salida del SPV.

Fuente: Autor.

Estado de carga y descarga del ESS

Para analizar el estado de carga y descarga del sistema de almacenamiento se tomó en cuenta el primer día de mayo, porque es el mes con menor índice de HSP. El estado de carga y descarga del ESS muestra el comportamiento porcentual del mismo. El sistema de almacenamiento de energía posee una capacidad nominal de 64,6 [kWh], pero únicamente se puede dar uso de un 45,2 [kWh] por el 30 [%] de DOD establecido en las características de la batería.

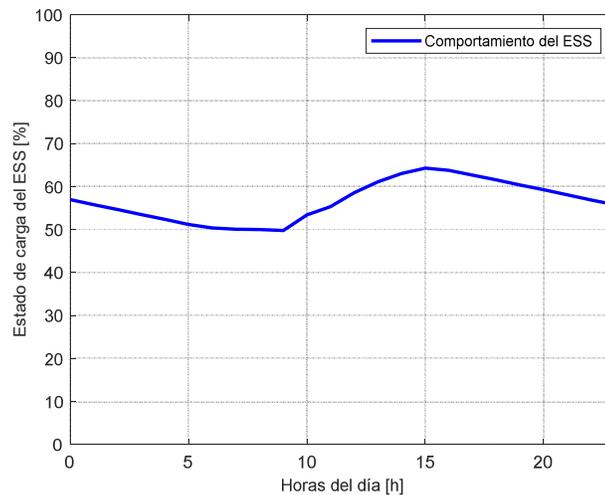


Figura 26. Estado de carga y descarga del ESS.

Fuente: Autor.

Comportamiento del convertor bidireccional.

La carga a alimentar se encuentra ubicada en la barra de AC por lo que es indispensable el uso del convertor de energía desde la barra de DC a donde se conecta el SPV y ESS.

El convertor bidireccional opera durante todo el año en donde tiene una potencia de entrada de 0,7329 [kW] y una potencia de salida de 0,7109 [kW], por lo que la eficiencia del convertor es del 97 [%].

Estado y comportamiento de los componentes de la Micro-red.

La carga tiene más consumo de energía en horas desde el medio día, hasta aproximadamente la 21:00 horas que se procede a cerrar la atención en el proyecto. En la Figura 27 se grafica con color naranja el comportamiento de la misma en un periodo de 4 días, con un pico máximo de potencia de 8,591 [kW] en el día 3 a las 17:00 horas y con una potencia mínima de 0,7109 [kW] en horas de la mañana.

La potencia de salida del SPV se muestra en la Figura 28 en color azul donde se aprecia la incidencia de la HSP, en donde tiene un pico máximo de potencia de salida de 8,021 [kW] en el día 3 a las 12:00 horas en donde se tiene la mayor incidencia de irradiancia solar. La operación del SPV en horas de poca o nula incidencia solar es de 0 [kW].

El ESS en la Figura 27 muestra el comportamiento de carga y descarga de almacenamiento de energía, el ESS se carga con una potencia pico de 6,18 [kW] en el momento donde el SPV proporciona mayor cantidad de potencia de salida en el día 3 a las 11:00 horas, evitando de esta manera ser suministrado por la red, de esta manera reduciendo costos.

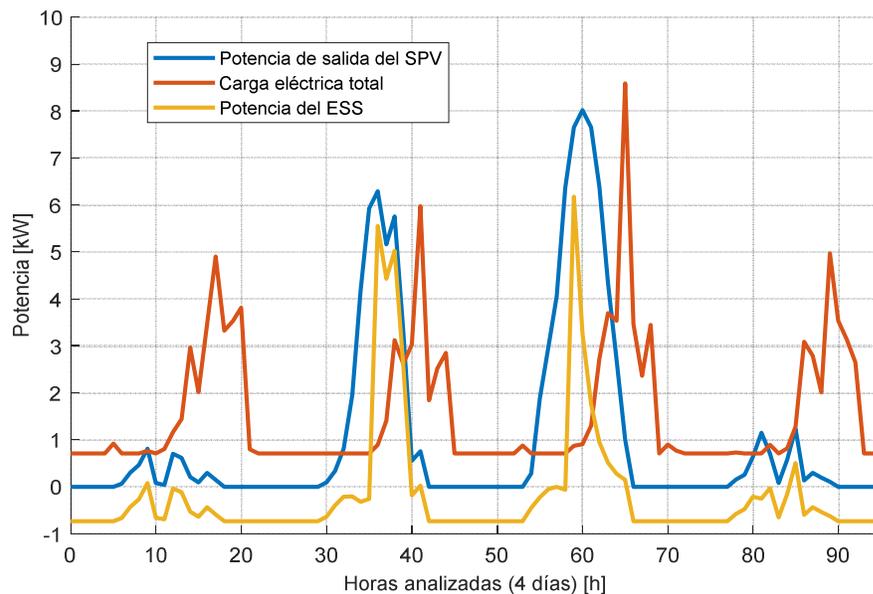


Figura 27. Estado de la Micro-red.

Fuente: Autor.

3.11.3 Operación y mantenimiento de la Micro-red

La generación centralizada destina cierto porcentaje de dinero para el mantenimiento de la central de generación, de la misma manera se debe hacer para una central de generación descentralizada como es el caso, el porcentaje destinado para dicho trabajo fluctúa entre 0,5 % y 1,5% de la inversión total de la Micro-red.

Existen varias actividades relacionadas a la operación y mantenimiento de equipos, las actividades pueden establecerse en cada uno de los elementos que conforman la Micro-red como: paneles fotovoltaicos, sistema de almacenamiento, estructuras, conexiones y equipos de inversión. Se debe dar mantenimiento de forma periódica en base a cronogramas para evitar problemas futuros.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO

Para el análisis técnico económico de la Micro-red en conjunto con la red de distribución, se busca evaluar la gestión de los recursos energéticos distribuidos en donde se consideran precios de mercado local para la el consumo de energía.

Los costos aplicados en la red para la simulación de la Micro-red en el análisis técnico económico con respecto a la red de distribución de detallan en la Tabla 41.

Tabla 41. Costos relacionados con la Red

Componente	Unidad	Costo [USD]
Red	[kWh]	0,1
Vender a la red	[kWh]	0,05

Nota. Costos de red para Homer Pro.

El costo de energía proporcionada por las empresas eléctricas distribuidoras en Ecuador ronda los 0,1 [kWh/\$] con una pequeña variabilidad dependiente del estrato y ubicación del consumidor, actualmente en el país no existe venta de energía a pequeña escala en el mercado eléctrico, sin embargo se toma en consideración el precio de venta a la red muy por debajo del precio proporcionado por la distribuidora.

El SPV consta de 36 paneles de 245 [W], por lo que se tiene una potencia instalada pico de 8,82 [kWp] en donde se especifica diferentes costos para todo el sistema, detallados en la Tabla 42.

Tabla 42. Costos relacionados al SPV

Tipo de costo por 1 [kW]	Costo [USD]
Inversión de equipos	1200
Reemplazo de equipos	1200
Operación y Mantenimiento	6

Nota. Costos SPV

El costo relacionado a la operación y mantenimiento del SPV es el 0,5 [%] de la inversión del sistema por cada [kW] instalado.

Al considerar un sistema bidireccional en donde la energía puede dirigirse en ambos sentidos, se hace uso de un conversor bidireccional para dimensionar su capacidad de hace uso del Optimizador del Homer Pro.

Tabla 43. Costos relacionados con el convertidor bidireccional.

Tipo de costo por 1 [kW]	Costo [USD]
Inversión de equipos	6000
Reemplazo de equipos	6000
Operación y Mantenimiento	30

Nota. Costos Convertor bidireccional.

La eficiencia del convertidor bidireccional utilizada en la simulación es de 95 [%].

La batería utilizada para la simulación es de 12 [V] y 538 [Ah] por lo que se hizo uso de únicamente 10 baterías dando una energía máxima de suministro de 64,52 [kWh], en el cálculo realizado para el ESS en el Capítulo III, se utilizó baterías comerciales de 12 [V] y 150 [Ah] dando como resultado 34 baterías y la energía máxima de suministro de 61,2 [kWh].

Entonces, el porcentaje de error entre el ESS utilizado para la simulación y el ESS comercial calculado es de 5,42 [%]. Las características referentes al ESS se especifican en la Tabla 44.

Tabla 44. Costos relacionados al ESS.

Característica	Valor	Unidad
Inversión de ESS	250	[USD]
Reemplazo de ESS	250	[USD]
Operación y Mantenimiento ESS	1,25	[USD]
Carga Máxima	100	[%]
Descarga Mínima	30	[%]

Nota. Valores por cada batería

Tomando en cuenta el DOD los para metros recomendados de DOD de carga y descarga, se toma en cuenta un cierto sobredimensionamiento para prolongar la vida útil del ESS en donde la descarga máxima permitida es del 30 [%] del sistema de almacenamiento.

4.1 Resultados del análisis técnico económico

Por medio del modelamiento en Homer Pro, se puede simular SPV que interactúen de forma directa con la red para suministrar a la demanda del proyecto en donde se toman datos propios del lugar para la producción de energía eléctrica. El resultado referente al costo dará a conocer si la implementación del sistema híbrido es viable para una futura implementación mediante el análisis de los diferentes costos relacionados.

Tabla 45. Valor neto de los componentes y tipos de costos.

Componente	Capital inicial	Costo de Reemplazo	O & M	Recuperación	Total
Convertor bidireccional	\$4265,63	\$0,00	\$275,72	\$0,00	\$4541,34
ESS	\$2500,00	\$1060,68	\$161,59	-\$199,63	\$3522,65
Red	\$0,00	\$0,00	\$8356,57	\$0,00	\$8356,57
SPV	\$10584,00	\$0,00	\$684,12	\$0,00	\$11268,12
Sistema	\$17349,63	\$1060,68	\$9478,01	-\$199,63	\$27688,69

Tabla 46. Valor anual de los componentes y tipos de costos.

Componente	Capital inicial	Costo de Reemplazo	O & M	Recuperación	Total
Convertor bidireccional	\$329,96	\$0,00	\$21,33	\$0,00	\$351,29
ESS	\$193,39	\$82,05	\$12,50	-\$15,44	\$272,49
Red	\$0,00	\$0,00	\$646,42	\$0,00	\$646,42
SPV	\$818,72	\$0,00	\$52,92	\$0,00	\$871,64
Sistema	\$1342,07	\$82,05	\$733,17	-\$15,44	\$2141,84

Costos Totales del sistema se aprecian en la Tabla 47. En donde el costo total NPC es el costo presente neto que indica el costo de la vida útil del sistema, el costo total NPC toma en cuenta todos los costos referentes a los componentes del sistema. El costo de nivelación indica el valor medio de la energía útil producida y el costo de operación refiere a los valores diferentes al capital inicial.

Tabla 47. Costos totales.

Costo	Valor	Unidad
Total, NPC	27688,69	[USD]
Costo de nivelación COE	0,1607	[USD]
Costo de operación	799,77	[USD]
Total	28488,62	[USD]

Mediante el costo total, tomando en cuenta todas las características del sistema se obtiene un valor de 28488,62 [USD] por lo que mediante la ecuación (24) planteada a partir de la HSP de mes de mayo (5,07 h) es posible plantear un ahorro anual. Se toma el índice de HSP más bajo para estimar una recuperación en las peores condiciones posibles. El ahorro anual resultante es de 1632,18 [USD] por lo que el retorno de la inversión estaría dado en 17 años.

CAPÍTULO V

Conclusiones

A través de la información de la red primaria actual cercana al proyecto se realizó el diseño de red de bajo voltaje soterrado en donde se consideran lineamientos para el diseño de la red interna del proyecto dependiente de un solo transformador, en donde se cumplen las caídas de tensión en la red de bajo voltaje soterrado en zona rural.

La estimación de la demanda es indispensable para el diseño adecuado de una red por que mediante el estudio realizado se llega a dimensionar el transformador más conveniente para el proyecto, además del dimensionamiento para el calibre del conductor a utilizar por circuitos.

La migración y actualización de redes aéreas a redes soterradas trae beneficios desde lo estético hasta la funcional, teniendo como desventaja el costo para su implementación, para un diseño óptimo se debe acatar lineamientos establecidos por la empresa eléctrica distribuidora local.

La simulación del diseño de iluminación con planos a escala real, solventa los resultados en base a iluminación con luminarias LED, cumpliendo los estándares relacionados con la iluminación exterior e interior del proyecto y ayudando a dar una percepción visual de una futura implementación.

La búsqueda y desarrollo de nuevos modelos dirigidos a la generación de energía descentralizada no convencional, han aportado en sistemas más robustos, con fuentes mucho más cercanas a la carga, evitando las pérdidas en las diferentes partes de un sistema eléctrico en donde las cargas no dependen únicamente de generación centralizada por lo que se tiene varias ventajas que maximizan al sistema, como el aumento de confiabilidad.

La tendencia de una red eléctrica expandible, implica que en un futuro debe tener la capacidad de hacer frente a la introducción de generación distribuida a pequeña o gran escala para el intercambio de energía. Así como afrontar la conexión de nuevas cargas como vehículos eléctricos y cocinas de inducción.

Para lograr la coalición y pagos de los usuarios que actúen como generadores y consumidores al mismo tiempo, se puede analizar mediante los modelos de mercado especificados en el marco teórico en referencia a la generación distribuida.

Recomendaciones

La red de distribución diseñada es radial por lo que todos los circuitos que alimentan, controlan y protegen a las cargas son dependientes del tablero de distribución principal en donde se recomienda realizar mantenimiento más frecuente debido a que se encuentra expuesto a condiciones atmosféricas y climáticas de la zona.

Revisar y guiarse de los planos del diseño soterrado en donde se especifica de manera más puntual el lugar y componente además de parámetros técnicos del sistema para una futura implementación.

Para todo el sistema de iluminación se recomienda hacer uso de las luminarias LED propuestas o luminarias con especificaciones técnicas similares para tener resultados reales acorde a la simulación, con un consumo energético semejante al especificado en las características de cada luminaria.

Para los elementos que conforman la Micro-red se recomienda hacer mantenimiento preventivo a cada elemento según lo recomendado por el fabricante en cada ficha técnica de los materiales, además de tomar los datos calculados en las peores condiciones posibles para garantizar el suministro a la carga.

Referencias

- [1] I. A. Girón, “Diseño de una Red Soterrada de Medio Voltaje, Bajo Voltaje y Alumbrado Público del Centro de la Ciudad de Ibarra para la Empresa Eléctrica Regional Norte.,” *Univ. Técnica del Norte*, p. 133, 2019.
- [2] R. Colomer, “Estudio y diseño del sistema de iluminación de un centro de uso general,” *Univ. Carlos III Madrid*, 2011, [Online]. Available: http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/13030/PFC_Ruben_Colomer_Rodriguez.pdf?sequence=1.
- [3] M. K. Deshmukh and A. B. Singh, “Modeling of energy performance of stand-alone SPV system using HOMER pro,” *Energy Procedia*, vol. 156, no. September 2018, pp. 90–94, 2019, doi: 10.1016/j.egypro.2018.11.100.
- [4] J. D. Juárez Cervantes, *Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica*, vol. 52, no. 1. 2002.
- [5] A. Von Meier, D. Culler, A. McEachern, and R. Arghandeh, “Micro-synchrophasors for distribution systems,” *2014 IEEE PES Innov. Smart Grid Technol. Conf. ISGT 2014*, 2014, doi: 10.1109/ISGT.2014.6816509.
- [6] L. C. A. M. J. A. P. Hidalgo., “‘‘Estudio Técnico De Un Respaldo De Energía Eléctrica En Media Tensión a La Totalidad De La Comuna De Hualqui, Que Actualmente Tiene Un Alimentador Radial’.,’’ 2014.
- [7] A. de R. y C. de la Electricidad, “RESOLUCIÓN Nro. ARCONEL-018/18,” *018*, pp. 1–13, 2018.
- [8] J. C. L. PINEDA, “BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA,” *Tesis Maest. en Ing.*, 2016.
- [9] Ing. Marco Sosa, “Guía para diseño de redes para distribución EEQ,” p. 99, 2009.
- [10] R. E. DE ESPAÑA, “2.- El sistema de energía eléctrica,” pp. 18–32.
- [11] A. de R. y Control, “Resolución Arcotel 2017,” vol. 11, no. 1, pp. 92–105, 2017.
- [12] F. Corporation, “Utilización de estudios de carga para la gestión de la distribución de energía eléctrica en aplicaciones industriales,” p. 3, 2006.
- [13] C. S. Marcos, L. Camargo, M. E. N. C. Juan, A. Francis, and M. D. F. De Febrero, “Incorporación de un sistema fotovoltaico para un hotel con una carga instalada de más de 100 kVA,” 2015.
- [14] CHRISTIAN CAMILO VARGAS ARGUELLO, “MODELO DE GESTIÓN DE PROYECTOS SEGÚN EL PMI PARA LA ETAPA PREVENTA DE

- TABLEROS DE ELÉCTRICOS DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN.,” *Univ. Dist. Fr. JOSÉ CALDAS*, vol. 3, p. 109, 2015, [Online]. Available: <http://weekly.cnbnews.com/news/article.html?no=124000>.
- [15] Lenin Rodrigo Román Loaiza, “Proyecto y diseño de instalaciones en media y baja tensión para un edificio,” *Univ. CATÓLICA SANTIAGO GUAYAQUIL*, 2016.
- [16] N. Bratu Serbán and C. Littlewood, *Instalaciones Electricas, conceptos básicos y diseño*, 2da ed. 1995.
- [17] C. J. R. Pujols, “La Iluminación Artificial del Espacio: Parámetros para un diseño emocional,” *Dep. Construcciones Arquitectónicas*, 2016.
- [18] J. Maziarka, L. Bena, and H. Wachta, “Meaning of Scotopic/Photopic Ratio of Light Sources in Lighting of Outdoor Spaces,” *7th Light. Conf. Visegr. Countries, LUMEN V4 2018 - Proc.*, no. 3, pp. 1–4, 2018, doi: 10.1109/LUMENV.2018.8521093.
- [19] F. J. S. Carlos Herranz Dorremochea, Josep M^a Ollé Martorell, “La Iluminación Con Led Y El Problema De La Contaminación Lumínica,” *Astronomía*, vol. 144, pp. 36–43, 2011, [Online]. Available: <https://www.celfosc.org/biblio/general/herranz-olle-jauregui2011.pdf>.
- [20] S. López Arias, “Iluminación Y Alumbrado Público,” *Inf. Regul. a. P.*, p. 21, 2015, [Online]. Available: <http://www.bdigital.unal.edu.co/48843/1/1053814558.2015.pdf>.
- [21] R. Baleja, K. Sokansky, T. Novak, T. Hanusek, and P. Bos, “Measurement and evaluation of the road lighting in mesopic and photopic vision,” *Proc. 2016 IEEE Light. Conf. Visegr. Countries, Lumen V4 2016*, 2016, doi: 10.1109/LUMENV.2016.7745505.
- [22] C. C. K. Elizabeth and G. G. L. Miguel, “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN ORNAMENTAL DE LA ESTRUCTURA METÁLICA ANTISÍSMICA PRINCIPAL DEL BLOQUE ‘B’ DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI,” *Univ. Técnica Cotopaxi*, vol. 1, p. 101, 2015, [Online]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf>.
- [23] P. Pracki, “Impact of Direct Lighting Luminaires’ Luminous Intensity Distribution on Lighting Quality in Interiors,” *7th Light. Conf. Visegr. Countries, LUMEN V4 2018 - Proc.*, pp. 1–6, 2018, doi:

10.1109/LUMENV.2018.8521023.

- [24] E. Gómez, “Guía básica de conceptos de radiometría y fotometría,” *Campos electromagnéticos - Óptica*, vol. 1, pp. 1–41, 2006, [Online]. Available: <http://laplace.us.es/campos/optica/opt-guia2.pdf>.
- [25] P. Ponce, “Estudio De La Contaminación Luminica Y Eficiencia Energética En Alumbrado Exterior,” p. 19, 2017, [Online]. Available: <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/4539/tfm382.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [26] S. Slominski, “Advanced Luminance Modeling of Light Sources for Simulation and Computational Purposes of Lighting Parameters,” *7th Light. Conf. Visegr. Countries, LUMEN V4 2018 - Proc.*, 2018, doi: 10.1109/LUMENV.2018.8521083.
- [27] W. L. Vos, T. W. Tukker, A. P. Mosk, A. Lagendijk, and W. L. Ijzerman, “Broadband multiple light scattering in white LED diffusers,” *Conf. Lasers Electro-Optics Eur. Int. Quantum Electron. Conf. CLEO/Europe-IQEC 2013*, vol. 866, no. 1999, p. 153102, 2013, doi: 10.1109/CLEOE-IQEC.2013.6800980.
- [28] I. Petrinska and D. Ivanov, “Estimation of the Light Pollution, Introduced by the Architectural Lighting of an Educational Building,” pp. 1–4, 2020, doi: 10.1109/lighting47792.2020.9240557.
- [29] T. Kyuchukov, “Light Pollution – ‘ Borders ’ of Lighting Design,” 2019.
- [30] P. Tabaka and I. Fryc, “Landscape lighting as a source of light pollution - The effect of the seasons on this phenomenon,” *Proc. 2016 IEEE Light. Conf. Visegr. Countries, Lumen V4 2016*, 2016, doi: 10.1109/LUMENV.2016.7745541.
- [31] A. Prof and T. Kyuchukov, “CULTURE OF QUALITY OF THE EDUCATION . BORDERS OF LIGHTING DESIGN . BEYOND BORDERS,” vol. 57, pp. 79–87, 2018.
- [32] B. Plitnick, M. G. Figueiro, B. Wood, and M. S. Rea, “The effects of red and blue light on alertness and mood at night,” *Light. Res. Technol.*, vol. 42, no. 4, pp. 449–458, 2010, doi: 10.1177/1477153509360887.
- [33] I. Knez, “Effects of colour of light on nonvisual psychological processes,” *J. Environ. Psychol.*, vol. 21, no. 2, pp. 201–208, 2001, doi: 10.1006/jevp.2000.0198.

- [34] L. Fusheng, L. Ruisheng, and Z. Fengquan, *Microgrid technology and engineering application*. 2015.
- [35] O. Hafez and K. Bhattacharya, “Optimal planning and design of a renewable energy based supply system for microgrids,” *Renew. Energy*, vol. 45, pp. 7–15, 2012, doi: 10.1016/j.renene.2012.01.087.
- [36] D. W. Gao, *Energy Storage for Sustainable Microgrid*. 2015.
- [37] G. X. Álvarez Yanchapanta and H. I. Vaca Vallejo, “Energía Fotovoltaica Y Energía Térmica Diesel Para Reducir La Contaminación Ambiental .,” *Dep. Eléctrica y Electrónica la Univ. las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga*, pp. 1–5, 2013.
- [38] J. P. Muñoz, M. V. Rojas-Moncayo, and C. Barreto-Calle, “Incentivo de la Generación Distribuida en el Ecuador,” *Ingenius. Rev. Cienc. y Tecnol.*, pp. 60–68, 2018, [Online]. Available: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-860X2018000100060&nrm=iso.
- [39] B. Poornazaryan, P. Karimyan, G. B. Gharehpetian, and M. Abedi, “Optimal allocation and sizing of DG units considering voltage stability, losses and load variations,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 79, pp. 42–52, 2016, doi: 10.1016/j.ijepes.2015.12.034.
- [40] D. Xie, M. Liu, L. Xu, and W. Lu, “Bi-level programming approach for coordinated configuration of distributed generations and automation devices in distribution networks,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 133, no. October 2020, p. 107210, 2021, doi: 10.1016/j.ijepes.2021.107210.
- [41] H. Farhangi, *Smart microgrids: Lessons from campus microgrid design and implementation*. 2016.
- [42] M. A. Abella, F. C. Romero, and S. D. B. Fotovoltaico, “Master en Energías Renovables y Mercado Energético Energía Solar Fotovoltaica Escuela de Organización Industrial Sistemas de Bombeo Fotovoltaico,” *Dimens. Sist. Fotovoltaicos*, vol. 1, no. 1, p. 73, 2017.
- [43] J. C. G. L. FABIÁN ANDRÉS GAVIRIA CATAÑO, “METODOLOGÍA DE OPTIMIZACIÓN PARAMICRORREDES ELÉCTRICAS EN ZONAS NO INTERCONECTADAS,” *Biomass Chem Eng*, vol. 3, no. 2, p. 141, 2018.
- [44] D. TREBOLLE, “La generación distribuida en España,” ... *Univ. Comillas Madrid. Madrid, España*, p. 163, 2006, [Online]. Available:

<https://iit.upcomillas.es/docs/TM-06-004.pdf>.

- [45] T. Reyna, M. Lábaque, S. Reyna, C. Riha, and B. Irazusta, “Energía mini y micro hidráulica: aporte contra el Cambio Climático,” *V Jornadas Ing. del Agua*, pp. 1–11, 2017.
- [46] X. Qian, Y. Bai, W. Huang, J. Dai, X. Li, and Y. Wang, “Fuzzy Technique Application in Selecting Photovoltaic Energy and Solar Thermal Energy Production in Belt and Road Countries,” *J. Energy Storage*, vol. 41, no. July, p. 102865, 2021, doi: 10.1016/j.est.2021.102865.
- [47] M. Farooq and A. Shakoor, “Severe energy crises and solar thermal energy as a viable option for Pakistan,” *J. Renew. Sustain. Energy*, vol. 5, no. 1, pp. 1–12, 2013, doi: 10.1063/1.4772637.
- [48] I. Prahastono, N. I. Sinisuka, M. Nurdin, and H. Nugraha, “A Review of Feed-In Tariff Model (FIT) for Photovoltaic (PV),” *Proc. 2nd Int. Conf. High Volt. Eng. Power Syst. Towar. Sustain. Reliab. Power Deliv. ICHVEPS 2019*, pp. 2019–2022, 2019, doi: 10.1109/ICHVEPS47643.2019.9011131.
- [49] C. M. Quezada Velez, *Análisis Descriptivo Del Soterramiento De Las Redes De Distribución De Electricidad En La Regeneración Urbana Del Céntrico Histórico De La Ciudad De Loja*. 2020.
- [50] M. D. E. Y. E. RENOVABLE, “MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DE REDES SUBTERRÁNEAS,” *Meer*, p. 61.
- [51] SIEMENS, “Instalaciones eléctricas-Catálogo de SIEMENS,” *Pap. Knowl. . Towar. a Media Hist. Doc.*, vol. 5, no. 2, pp. 40–51, 2014.
- [52] “Tipos de Cables Eléctricos: Uso, Medidas, Colores y Aislamientos.” <https://masvoltaje.com/blog/tipos-de-cables-electricos-que-existen-n12> (accessed Nov. 15, 2021).
- [53] NTE, “Instituto Ecuatoriano de Normalizacion,” *Inst. Ecuatoriano Norm. 2-12098*, p. 21, 2006.
- [54] G. Linxia, C. Yu, Z. Lizi, and H. Haitao, “Research on power-factor regulating tariff standard,” *2008 China Int. Conf. Electr. Distrib. CICED 2008*, pp. 1–5, 2008, doi: 10.1109/CICED.2008.5211737.
- [55] Y. C. D. E. E. Arconel, “RESOLUCIÓN Nro. ARCONEL-054/18,” pp. 1–28, 2018.
- [56] I. Norma Técnica Ecuatoriana, “INEN-1-153,” vol. 1, p. 10.

- [57] J. F. M. CARTAGENA, “ÓPTIMA ASIGNACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS PARA RESPUESTA DE LA DEMANDA POR VEHÍCULOS ELÉCTRICOS USANDO ALGORITMO HÚNGARO,” vol. 1, 2018.
- [58] Andrea Estefanía Abarca Basante, “Implementación de un sistema de gestión de la demanda eléctrica basado en la caracterización de los recursos en micro-redes,” *Univ. Politécnica Sales.*, p. 41, 2021.
- [59] C. M. L. A. Rayas, Soraya Navarro, José Antonio González Moreno, “Implementación de un sistema fotovoltaico para la alimentación de un edificio de usos multiples.,” *Cent. Investig. en Mater. Av. S.A.*, pp. 1–69, 2012.
- [60] W. de J. Holguín and E. Henao, “Desarrollo De Proyecto Pv Usando El Software Homer Pro,” *Inst. Tecnológico Metrop.*, 2019.

ANEXOS

Anexo 1: Estudio de demanda

 EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A.	NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN - PARTE A - GUÍA PARA DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN							
SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD								
CÓDIGO:								
APENDICE	Determinación de demanda de diseño para usuario comercial	Revisión 01						
Nombre	Estudio de carga-Proyecto cerro la Luz							
N°	Edificación 1							
Localización	DMQ-Parroquia Puéllaro							
Usuario Tipo	Comercial							
Renglon	Circuitos electricos y cargas			CI [W]	FFUn [%]	CIR [W]	FSn [%]	DMU [W]
	Descripción	Cantidad	Pn [W]					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1 C1-Illuminación	8	20	160	0,6	96	0,8	76,8
	2 C1-Tomacorrientes	6	200	1200	0,7	840	0,9	756
	3 C2-Tomacorrientes	6	200	1200	0,7	840	0,9	756
TOTAL			420	2560		1776		1588,8

Factor de potencia de la carga (FP)	=	0,85	
Factor de demanda (FDM)	=	0,6	Max. 0,6 a nivel comercial
DMU [kVA]	=	1,869	
N	=	1	
FD	=	1	
DD [kVA]	=	1,87	



NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN - PARTE A -
GUÍA PARA DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD

CÓDIGO:

APENDICE	Determinacion de demanda de diseño para usuario comercial				Revisión 01			
Nombre	Estudio de carga-Proyecto cerro la Luz							
N°	Edificación 2							
Localizacion	DMQ-Parroquia Puéllaro							
Usuario Tipo	Comercial							
Renglon	Circuitos electricos y cargas			CI [W]	FFUn [pu]	CIR [W]	FSn [pu]	DMU [W]
	Descripción	Cantidad	Pn [W]					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	C1-Luminarias techo	4	9	36	0,6	21,6	0,8	17,28
2	C1-Luminarias pared	1	9	9	0,6	5,4	0,8	4,32
3	Purificador de agua	1	1200	1200	0,5	600	1	600
4	C1-Tomacorrientes	3	200	600	0,4	240	0,6	144
TOTAL			1418	1845		867		765,6

Factor de potencia de la carga (FP)	=	0,85	
Factor de demanda (FDM)	=	0,4	Max. 0,6 a nivel comercial
DMU [kVA]	=	0,901	
N	=	1	
FD	=	1	
DD [kVA]	=	0,90	



NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN - PARTE A -
GUÍA PARA DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD

CÓDIGO:

APENDICE	Determinación de demanda de diseño para usuario comercial				Revisión 01			
Nombre	Estudio de carga-Proyecto cerro la Luz							
N°	Edificación 3							
Localización	DMQ-Parroquia Puéllaro							
Usuario Tipo	Comercial							
Renglon	Circuitos electricos y cargas			CI [W]	FFUn [pu]	CIR [W]	FSn [pu]	DMU [W]
	Descripción	Cantidad	Pn [W]					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	C1-Luminarias techo	6	9	54	0,6	32,4	0,8	25,92
2	C1-Luminarias pared	1	9	9	0,6	5,4	0,8	4,32
3	Purificador de agua	1	1200	1200	0,8	960	1	960
4	Cefetera	1	50	50	0,6	30	1	30
5	Refrigerador	1	500	500	1	500	1	500
6	Mircoondas	1	600	600	0,4	240	1	240
7	C1-Tomacorrientes	5	200	1000	0,4	400	0,6	240
8	C2-Tomacorrientes	4	200	800	0,4	320	0,4	128
TOTAL			2768	4213		2487,8		2128,24

Factor de potencia de la carga (FP)	=	0,85	
Factor de demanda (FDM)	=	0,5	Max. 0,6 a nivel comerial
DMU [kVA]	=	2,504	
N	=	1	
FD	=	1	
DD [kVA]	=	2,50	



NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN - PARTE A -
GUÍA PARA DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD

CÓDIGO:

APENDICE	Determinación de demanda de diseño para usuario comercial						Revisión 01	
Nombre	Estudio de carga-Proyecto cerro la Luz							
N°	Edificación 4							
Localización	DMQ-Parroquia Puéllaro							
Usuario Tipo	Comercial							
Renglon	Circuitos electricos y cargas			CI [W]	FFUn [pu]	CIR [W]	FSn [pu]	DMU [W]
	Descripción	Cantidad	Pn [W]					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	C1-Luminarias subsuelo	12	9	108	0,6	64,8	0,8	51,84
2	C2-Luminarias planta baja	11	9	99	0,6	59,4	0,8	47,52
3	C3-Luminarias planta alta	11	9	99	0,6	59,4	0,8	47,52
4	C1-Tomacorrientes subsuelo PT	4	200	800	0,6	480	0,7	336
5	C1-Tomacorrientes subsuelo sin PT	6	200	1200	0,6	720	0,7	504
6	C2-Tomacorriente planta baja sin PT	9	200	1800	0,6	1080	0,7	756
7	C3-Tomacorrientes de piso planta alta	5	200	1000	0,6	600	0,7	420
8	Purificador de agua	2	1200	2400	0,5	1200	1	1200
9	Cefetera	2	50	100	0,5	50	1	50
10	Refrigerador	1	500	500	1	500	1	500
11	Mircoondas	1	600	600	0,2	120	1	120
TOTAL				3177	8706		4933,6	4032,88

Factor de potencia de la carga (FP)	=	0,85	
Factor de demanda (FDM)	=	0,463	Max. 0,6 a nivel comercial
DMU [kVA]	=	4,745	
N	=	1	
FD	=	1	
DD [kVA]	=	4,74	



NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN - PARTE A -
GUÍA PARA DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD

CÓDIGO:

APENDICE	Determinacion de demanda de diseño para usuario comercial				Revisión 01				
Nombre	Estudio de carga-Proyecto cerro la Luz								
N°	Iluminación 1								
Localizacion	DMQ-Parroquia Puéllaro								
Usuario Tipo	Comercial								
Renglon	Circuitos electricos y cargas				Cl [W]	FFUn [pu]	CIR [W]	FSn [pu]	DMU [W]
	Descripción	Cantidad	Pn [W]						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Luminarias (Escultura 1)	4	9	36	0,2	7,2	1	7,2	
2	Luminarias (Escultura 2)	2	9	18	0,2	3,6	1	3,6	
3	Luminarias (Escultura 3)	2	9	18	0,2	3,6	1	3,6	
4	Luminarias (Escultura 4)	2	9	18	0,2	3,6	1	3,6	
5	Luminarias (Escultura 5)	7	9	63	0,2	12,6	1	12,6	
6	Luminarias (Escultura 6)	1	9	9	0,2	1,8	1	1,8	
7	Luminarias (Escultura 7)	1	9	9	0,2	1,8	1	1,8	
8	Luminarias (Escultura 8)	1	9	9	0,2	1,8	1	1,8	
9	Área externa entrada	4	120	480	0,2	96	1	96	
10	Área externa juegos infar	5	120	600	0,2	120	1	120	
11	Área externa lago	6	120	720	0,2	144	1	144	
TOTAL			432	1980		396		396	

Factor de potencia de la carga (FP)	=	0,85	
Factor de demanda (FDM)	=	0,200	Max. 0,6 a nivel comercial
DMU [kVA]	=	0,466	
N	=	1	
FD	=	1	
DD [kVA]	=	0,47	



NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN - PARTE A -
GUÍA PARA DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD

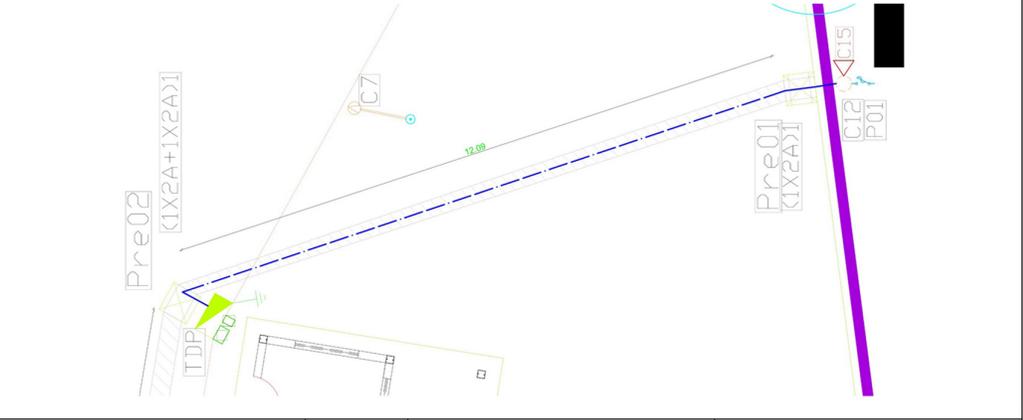
CÓDIGO:

APENDICE	Determinación de demanda de diseño para usuario comercial				Revisión 01				
Nombre	Estudio de carga-Proyecto cerro la Luz								
N°	Iluminación 2								
Localización	DMQ-Parroquia Puéllaro								
Usuario Tipo	Comercial								
Renglon	Circuitos electricos y cargas			CI [W]	FFUn [pu]	CIR [W]	FSn [pu]	DMU [W]	
	Descripción	Cantidad	Pn [W]						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	1	C1-Señalización	28	8	224	0,2	44,8	1	44,8
	2	C2-Señalización	16	8	128	0,2	25,6	1	25,6
	3	Letrero	5	5,7	28,5	0,2	5,7	1	5,7
TOTAL				21,7	380,5		76,1		76,1

Factor de potencia de la carga (FP)	=	0,85	
Factor de demanda (FDM)	=	0,200	Max. 0,6 a nivel comercial
DMU [kVA]	=	0,090	
N	=	1	
FD	=	1	
DD [kVA]	=	0,090	

DEMANDA DE DISEÑO TOTAL [kVA]	=	10,57
Capacidad el transformador mofásico convencional [kVA]	=	15

Anexo 2: Caída de voltaje

		NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN - PARTE A - GUÍA PARA DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN								
SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD										
CÓDIGO:										
APENDICE A-12-B		FORMATO TIPO PARA CÓMPUTO DE CAÍDA DE VOLTAJE EN CIRCUITOS SECUNDARIOS					A-12-B Revisión: 01 Fecha: 2021-12-12			
N° del Proyecto		1			Usuario Tipo		Comercial			
Tipo de instalación		Soterrada			DMU		10,57			
Voltaje		120/240		N° de fases		2		Circuito Alimentador TDP N°		1
Límite de caída de voltaje		3%			Material del conductor		Cu Aislado			
										
ESQUEMAS			DEMANDA	CONDUCTOR			COMPUTO			
TRAMO		Numero de usuarios	KVA (d)	CALIBRE	KVA (LT)	KVA-m	KVA-m	AV%		
DESIGNACION	LONG (m)	3	4	5	6	7	8	PARCIAL	TOTAL	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
C15-Pre01	13	1	10,57	4	38	335	137,41	0,4101791	0,4101791	
Pre01-Pre02	12,09	1	10,57	4	38	335	127,7913	0,38146657	0,79164567	
Pre02-TDP	5	1	10,57	4	38	335	52,85	0,15776119	0,94940687	

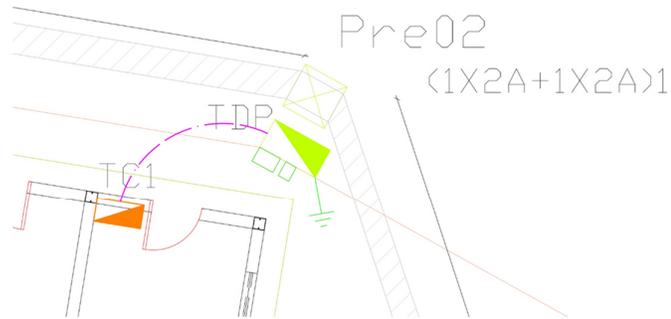


NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN - PARTE A -
GUÍA PARA DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD

CÓDIGO:

APENDICE A-12-B		FORMATO TIPO PARA CÓMPUTO DE CAÍDA DE VOLTAJE EN CIRCUITOS SECUNDARIOS		A-12-B Revisión: 01 Fecha: 2021-12-12
N° del Proyecto	1		Usuario Tipo	Comercial
Tipo de instalación	Soterrada		DMU	1,87
Voltaje	120/240	N° de fases	2	Circuito N° 1
Límite de caída de voltaje	3%		Material del conductor	Cu Aislado



ESQUEMAS			DEMANDA	CONDUCTOR			COMPUTO		
TRAMO		Numero de usuarios	KVA (d)	CALIBRE	KVA (LT)	KVA-m	KVA-m	AV%	
DESIGNACION	LONG (m)							PARCIAL	TOTAL
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TDP-TC1	25	1	1,87	6	28	215	46,75	0,21744186	0,21744186

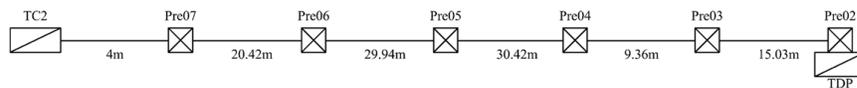


NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN - PARTE A -
GUÍA PARA DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD

CÓDIGO:

APENDICE A-12-B		FORMATO TIPO PARA CÓMPUTO DE CAÍDA DE VOLTAJE EN CIRCUITOS SECUNDARIOS		A-12-B Revisión: 01 Fecha: 2021-12-12
N° del Proyecto	1		Usuario Tipo	Comercial
Tipo de instalación	Soterrada		DMU	0,9
Voltaje	120/240	N° de fases	2	Circuito N° 2
Límite de caída de voltaje	3%		Material del conductor	Cu Aislado



ESQUEMAS		DEMANDA		CONDUCTOR			COMPUTO	
TRAMO	Numero de usuarios	KVA (d)	CALIBRE	KVA (LT)	KVA-m	KVA-m	AV%	
DESIGNACION	LONG (m)						PARCIAL	TOTAL
1	2	3	4	5	6	7	8	10
Pre02-Pre03	15,03	1	0,9	6	28	215	13,527	0,06291628
Pre03-Pre04	9,36	1	0,9	6	28	215	8,424	0,0391814
Pre04-Pre05	30,42	1	0,9	6	28	215	27,378	0,12733953
Pre05-Pre06	29,94	1	0,9	6	28	215	26,946	0,12533023
Pre06-Pre07	20,42	1	0,9	6	28	215	18,378	0,08547907
Pre07-TC2	4	1	0,9	6	28	215	3,6	0,01674419
								0,4569907



NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN - PARTE A -
GUÍA PARA DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD

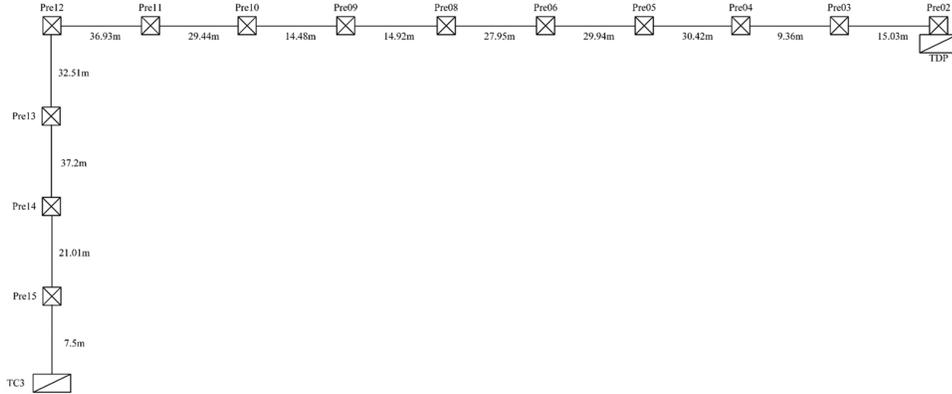
CÓDIGO:

APENDICE A-12-B

FORMATO TIPO PARA CÓMPUTO DE CAÍDA DE
VOLTAJE EN CIRCUITOS SECUNDARIOS

A-12-B Revisión: 01
Fecha: 2021-12-12

N° del Proyecto	1		Usuario Tipo	Comercial
Tipo de instalación	Soterrada		DMU	2,5
Voltaje	120/240	N° de fases	2	Círculo N°
				3
Límite de caída de voltaje	3%		Material del conductor	Cu Aislado



ESQUEMAS		Numero de usuarios	DEMANDA		CONDUCTOR			CÓMPUTO	
TRAMO	DESIGNACION		KVA (d)	CALIBRE	KVA (LT)	KVA-m	KVA-m	AV%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pre02-Pre03	15,03	1	2,5	6	28	215	37,575	0,17476744	0,17476744
Pre03-Pre04	9,36	1	2,5	6	28	215	23,4	0,10883721	0,28360465
Pre04-Pre05	30,42	1	2,5	6	28	215	76,05	0,35372093	0,63732558
Pre05-Pre06	29,94	1	2,5	6	28	215	74,85	0,34813953	0,98546512
Pre06-Pre08	27,95	1	2,5	6	28	215	69,875	0,325	1,31046512
Pre08-Pre09	14,92	1	2,5	6	28	215	37,3	0,17348837	1,48395349
Pre09-Pre10	14,48	1	2,5	6	28	215	36,2	0,16837209	1,65232558
Pre10-Pre11	29,44	1	2,5	4	38	335	73,6	0,21970149	1,87202707
Pre11-Pre12	36,93	1	2,5	4	38	335	92,325	0,27559701	2,14762409
Pre12-Pre13	32,51	1	2,5	4	38	335	81,275	0,24261194	2,39023603
Pre13-Pre14	37,2	1	2,5	4	38	335	93	0,27761194	2,66784797
Pre14-Pre15	21,01	1	2,5	4	38	335	52,525	0,15679104	2,82463901
Pre15-TC3	7,5	1	2,5	4	38	335	18,75	0,05597015	2,88060916

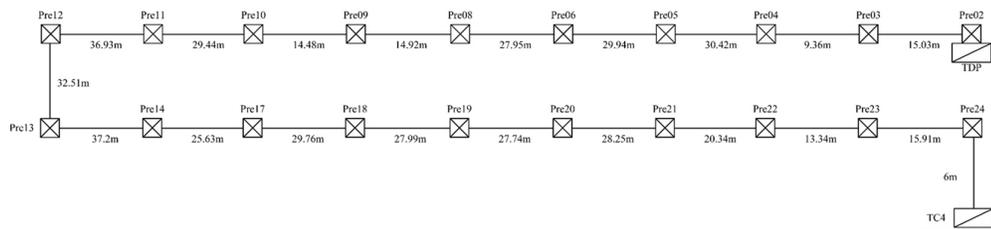


NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN - PARTE A -
GUÍA PARA DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD

CÓDIGO:

APENDICE A-12-B		FORMATO TIPO PARA CÓMPUTO DE CAÍDA DE VOLTAJE EN CIRCUITOS SECUNDARIOS		A-12-B Revisión: 01 Fecha: 2021-12-12
N° del Proyecto		1		Usuario Tipo
Tipo de instalación		Soterrada		Comercial
Voltaje		120/240		DMU
N° de fases		2		Circuito N°
Límite de caída de voltaje		3%		4
		Material del conductor		Cu Aislado



ESQUEMAS			DEMANDA	CONDUCTOR				COMPUTO	
TRAMO		Numero de usuarios	KVA (d)	CALIBRE	KVA (LT)	KVA-m	KVA-m	AV%	
DESIGNACION	LONG (m)							PARCIAL	TOTAL
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pre02-Pre03	15,03	1	4,74	1/0	58	780	71,2422	0,09133615	0,09133615
Pre03-Pre04	9,36	1	4,74	1/0	58	780	44,3664	0,05688	0,14821615
Pre04-Pre05	30,42	1	4,74	1/0	58	780	144,1908	0,18486	0,33307615
Pre05-Pre06	29,94	1	4,74	1/0	58	780	141,9156	0,18194308	0,51501923
Pre06-Pre08	27,95	1	4,74	1/0	58	780	132,483	0,16985	0,68486923
Pre08-Pre09	14,92	1	4,74	1/0	58	780	70,7208	0,09066769	0,77553692
Pre09-Pre10	14,48	1	4,74	1/0	58	780	68,6352	0,08799385	0,86353077
Pre10-Pre11	29,44	1	4,74	1/0	58	780	139,5456	0,17890462	1,04243538
Pre11-Pre12	36,93	1	4,74	1/0	58	780	175,0482	0,22442077	1,26685615
Pre12-Pre13	32,51	1	4,74	1/0	58	780	154,0974	0,19756077	1,46441692
Pre13-Pre14	37,2	1	4,74	1/0	58	780	176,328	0,22606154	1,69047846
Pre14-Pre17	25,63	1	4,74	1/0	58	780	121,4862	0,15575154	1,84623
Pre17-Pre18	29,76	1	4,74	1/0	58	780	141,0624	0,18084923	2,02707923
Pre18-Pre19	27,99	1	4,74	1/0	58	780	132,6726	0,17009308	2,19717231
Pre19-Pre20	27,74	1	4,74	1/0	58	780	131,4876	0,16857385	2,36574615
Pre20-Pre21	28,25	1	4,74	1/0	58	780	133,905	0,17167308	2,53741923
Pre21-Pre22	20,34	1	4,74	1/0	58	780	96,4116	0,12360462	2,66102385
Pre22-Pre23	13,34	1	4,74	1/0	58	780	63,2316	0,08106615	2,74209
Pre23-Pre24	15,91	1	4,74	1/0	58	780	75,4134	0,09668385	2,83877385
Pre24-TC4	6	1	4,74	1/0	58	780	28,44	0,03646154	2,87523538

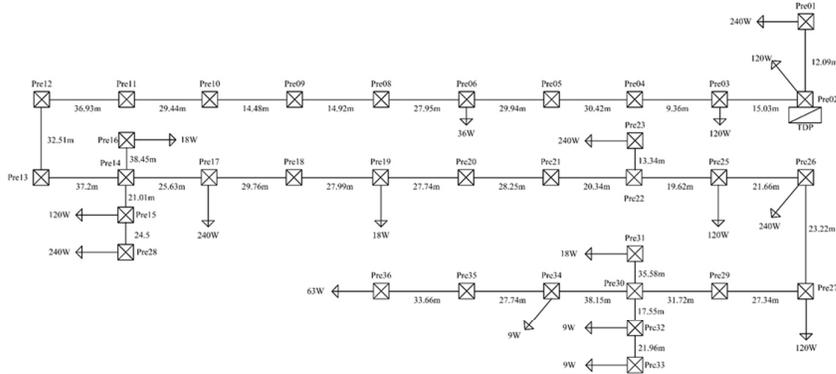


NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN - PARTE A -
GUÍA PARA DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD

CODIGO:

APENDICE A-12-B		FORMATO TIPO PARA CÓMPUTO DE CAÍDA DE VOLTAJE EN CIRCUITOS SECUNDARIOS		A-12-B Revisión: 01 Fecha: 2021-12-12
N° del Proyecto		1		Comercial
Tipo de instalación		Soterrada		1,98 [W]
Voltaje	120/240	N° de fases	2	Circuito de iluminación N° 1
Límite de caída de voltaje		3%		Material del conductor Cu Aislado



ESQUEMAS		Numero de usuarios	DEMANDA KVA (d)	CONDUCTOR			COMPUTO		
TRAMO DESIGNACION	LONG (m)			CALIBRE	KVA (LT)	KVA-m	KVA-m	AV%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pre02-Pre01	12,09	1	0,24	4	38	335	2,9016	0,00866149	0,00866149
Pre02-Pre03	15,03	1	1,62	4	38	335	24,3486	0,07268239	0,07268239
Pre03-Pre04	9,36	1	1,5	4	38	335	14,04	0,04191045	0,11459284
Pre04-Pre05	30,42	1	1,5	4	38	335	45,63	0,13620896	0,25080179
Pre05-Pre06	29,94	1	1,5	4	38	335	44,91	0,1340597	0,38486149
Pre06-Pre08	27,95	1	1,464	4	38	335	40,9188	0,12214567	0,50700716
Pre08-Pre09	14,92	1	1,464	4	38	335	21,84288	0,06520263	0,57220979
Pre09-Pre10	14,48	1	1,464	4	38	335	21,19872	0,06327976	0,63548955
Pre10-Pre11	29,44	1	1,464	4	38	335	43,10016	0,12865719	0,76414675
Pre11-Pre12	36,93	1	1,464	4	38	335	54,06552	0,16138961	0,92553636
Pre12-Pre13	32,51	1	1,464	4	38	335	47,59464	0,14207355	1,06760991
Pre13-Pre14	37,2	1	1,464	4	38	335	54,4608	0,16256955	1,23017946
Pre14-Pre15	21,01	1	0,36	4	38	335	7,5636	0,02257791	1,25275737
Pre15-Pre28	24,5	1	0,24	4	38	335	5,88	0,01755224	1,27030961
Pre14-Pre16	38,45	1	0,018	4	38	335	0,6921	0,00206597	1,23224543
Pre14-Pre17	25,63	1	1,086	4	38	335	27,83418	0,0830871	1,31326657
Pre17-Pre18	29,76	1	1,086	4	38	335	32,31936	0,0964757	1,40974227
Pre18-Pre19	27,99	1	1,086	4	38	335	30,39714	0,09073773	1,50048
Pre19-Pre20	27,74	1	1,068	4	38	335	29,62632	0,08843678	1,58891678
Pre20-Pre21	28,25	1	1,068	4	38	335	30,171	0,09006269	1,67897946
Pre21-Pre22	20,34	1	1,068	4	38	335	21,72312	0,06484513	1,7438246
Pre22-Pre23	13,34	1	0,24	4	38	335	3,2016	0,00955701	1,75338161
Pre22-Pre25	19,62	1	0,828	4	38	335	16,24536	0,04849361	1,79231821
Pre25-Pre26	21,66	1	0,708	4	38	335	15,33528	0,04577696	1,83809516
Pre26-Pre27	23,22	1	0,468	4	38	335	10,86696	0,03243869	1,87053385
Pre27-Pre29	27,34	1	0,348	4	38	335	9,51432	0,02840096	1,89893481
Pre29-Pre30	31,72	1	0,348	4	38	335	11,03856	0,03295093	1,93188573
Pre30-Pre31	35,58	1	0,018	4	38	335	0,64044	0,00191176	1,93379749
Pre30-Pre32	17,55	1	0,018	4	38	335	0,3159	0,00094299	1,93282872
Pre32-Pre33	21,96	1	0,009	4	38	335	0,19764	0,00058997	1,93341869
Pre30-Pre34	38,15	1	0,072	4	38	335	2,7468	0,0081994	1,94008513
Pre34-Pre35	27,74	1	0,063	4	38	335	1,74762	0,00521678	1,94530191
Pre35-Pre36	33,66	1	0,063	4	38	335	2,12058	0,00633009	1,951632

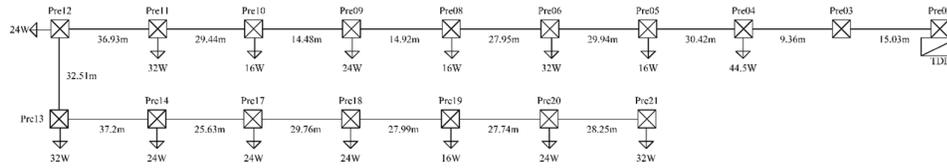


NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN - PARTE A -
GUÍA PARA DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD

CODIGO:

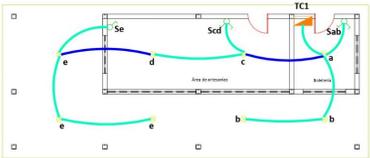
APENDICE A-12-B		FORMATO TIPO PARA CÓMPUTO DE CAÍDA DE VOLTAJE EN CIRCUITOS SECUNDARIOS		A-12-B Revisión: 01 Fecha: 2021-12-12
N° del Proyecto		1		Usuario Tipo
Tipo de instalación		Soterrada		Comercial
Voltaje	120/240	N° de fases	2	Circuito de iluminación N°
Límite de caída de voltaje		3%		Material del conductor
				Cu Aislado



ESQUEMAS			DEMANDA	CONDUCTOR			COMPUTO		
TRAMO		Numero de usuarios	KVA (d)	CALIBRE	KVA (LT)	KVA-m	KVA-m	AV%	
DESIGNACION	LONG (m)							PARCIAL	TOTAL
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pre02-Pre03	15,03	1	0,3805	6	28	215	5,718915	0,0265996	0,0265996
Pre03-Pre04	9,36	1	0,3805	6	28	215	3,56148	0,01656502	0,04316463
Pre04-Pre05	30,42	1	0,336	6	28	215	10,22112	0,04754009	0,09070472
Pre05-Pre06	29,94	1	0,32	6	28	215	9,5808	0,04456186	0,13526658
Pre06-Pre08	27,95	1	0,288	6	28	215	8,0496	0,03744	0,17270658
Pre08-Pre09	14,92	1	0,272	6	28	215	4,05824	0,01887553	0,19158212
Pre09-Pre10	14,48	1	0,248	6	28	215	3,59104	0,01670251	0,20828463
Pre10-Pre11	29,44	1	0,232	6	28	215	6,83008	0,03176781	0,24005244
Pre11-Pre12	36,93	1	0,2	6	28	215	7,386	0,03435349	0,27440593
Pre12-Pre13	32,51	1	0,176	6	28	215	5,72176	0,02661284	0,30101877
Pre13-Pre14	37,2	1	0,144	6	28	215	5,3568	0,02491535	0,32593412
Pre14-Pre17	25,63	1	0,12	6	28	215	3,0756	0,01430512	0,34023923
Pre17-Pre18	29,76	1	0,096	6	28	215	2,85696	0,01328819	0,35352742
Pre18-Pre19	27,99	1	0,072	6	28	215	2,01528	0,0093734	0,36290081
Pre19-Pre20	27,74	1	0,056	6	28	215	1,55344	0,0072253	0,37012612
Pre20-Pre21	28,25	1	0,032	6	28	215	0,904	0,00420465	0,37433077

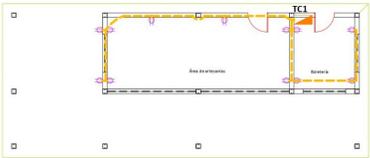
Anexo 3: Instalaciones eléctricas interiores

Diseño de circuito de luminarias

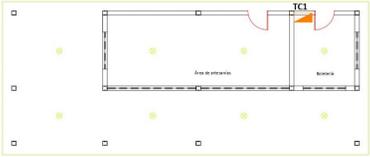


Leyenda	
Símbolo	Descripción
	Luminaria de techo
	Interruptor doble
	Interruptor simple
	Tomacorriente 1Ø doble
	Tablero tipo centro de carga "TC"
	Circuito Luminarias
	Circuito Tomacorrientes

Diseño de circuito de fuerza

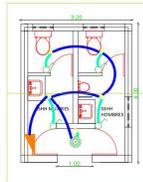


DISEÑO APLICADO EN DIALUX Y PLANO GENERAL

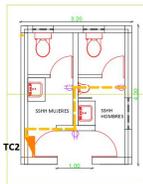


UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA		
César Antonio Zapata Ayala		Ingeniería Eléctrica
Proyecto de titulación	Diseño de instalaciones eléctricas interiores - Cabaña entrada	Fecha de diseño: 13/08/2021
Escala 1:1		Décimo Semestre

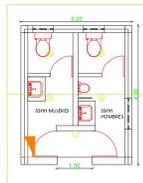
Diseño de circuito de luminarias



Diseño de circuito de fuerza



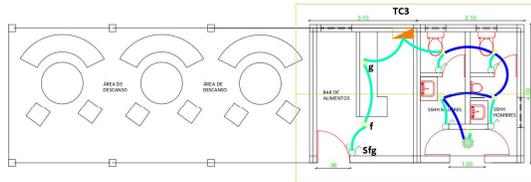
DISEÑO APLICADO EN DIALUX Y PLANO GENERAL



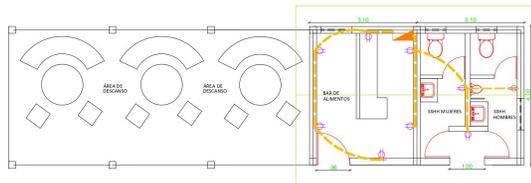
Leyenda	
Símbolo	Descripción
	Luminaria de techo
	Luminaria de pared
	Interruptor simple
	Sensor de techo 360°
	Tomacorriente 1Ø doble
	TC
	Circuito Luminarias
	Circuito Tomacorrientes

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA		
César Antonio Zapata Ayala		Ingeniería Eléctrica
Proyecto de titulación	Diseño de instalaciones eléctricas interiores - Edificación 2	Fecha de diseño: 13/08/2021
Escala 1:1		Décimo Semestre

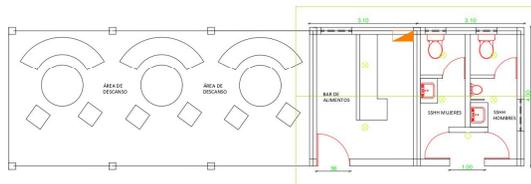
Diseño de circuito de luminarias



Diseño de circuito de fuerza



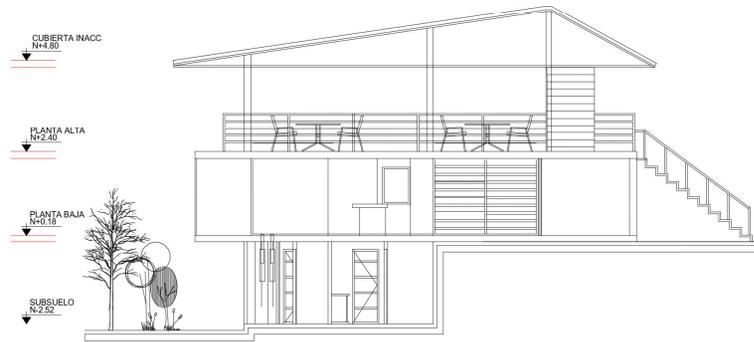
DISEÑO APLICADO EN DIALUX Y PLANO GENERAL



Leyenda	
Símbolo	Descripción
	Luminaria de techo
	Luminaria de pared
	Interruptor doble
	Interruptor simple
	Sensor de techo 360°
	Tomacorriente 1Ø doble
	Tomacorriente 1Ø doble con puesta a tierra
	TC
	Circuito Luminarias
	Circuito Tomacorrientes

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA		
César Antonio Zapata Ayala		Ingeniería Eléctrica
Proyecto de titulación	Diseño de instalaciones eléctricas interiores - Edificación 3	Fecha de diseño: 13/08/2021
Escala 1:1		Décimo Semestre

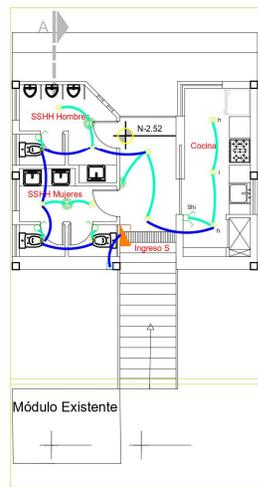
Vista lateral para diseño



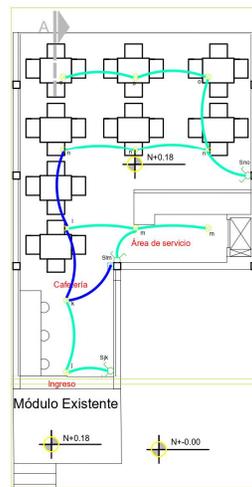
Leyenda	
Símbolo	Descripción
	Luminaria de techo
	Interruptor doble
	Interruptor simple
	Sensor de techo 360°
	Sensor de pared 180°
	Tomacorriente 1Ø doble
	Tomacorriente 1Ø doble con puesta a tierra
	Tomacorriente 1Ø en piso
	Tablero centro de carga TC
	Circuito Luminarias
	Circuito Tomacorrientes
	Ducto vertical interno de cableado eléctrico

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA		
César Antonio Zapata Ayala		Ingeniería Eléctrica
Proyecto de titulación	Diseño de instalaciones eléctricas interiores - Cafetería	Fecha de diseño: 13/08/2021
Escala 1:1		Décimo Semestre

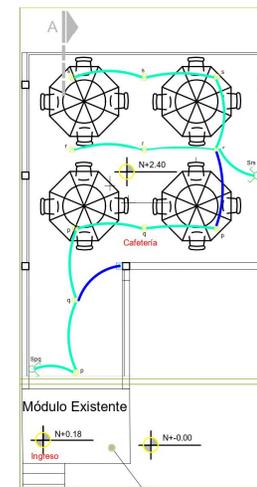
Diseño de circuito de luminarias



Planta subsuelo
Escala 1:1



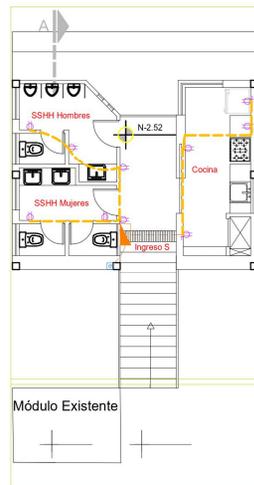
Planta baja
Escala 1:1



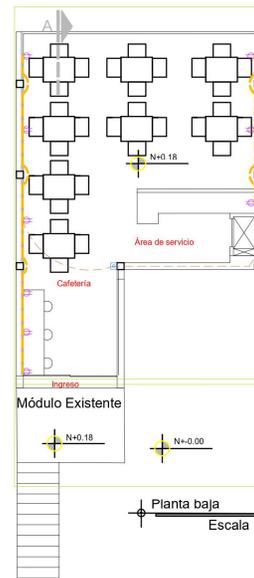
Planta alta
Escala 1:1

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA		
César Antonio Zapata Ayala		Ingeniería Eléctrica
Proyecto de titulación	Diseño de instalaciones eléctricas interiores - Cafetería	Fecha de diseño: 13/08/2021
Escala 1:1		Décimo Semestre

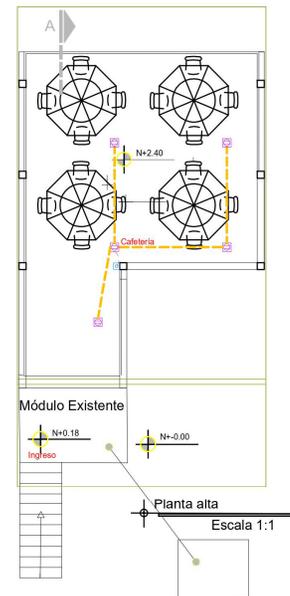
Diseño de circuito de fuerza



Planta subsuelo
Escala 1:1



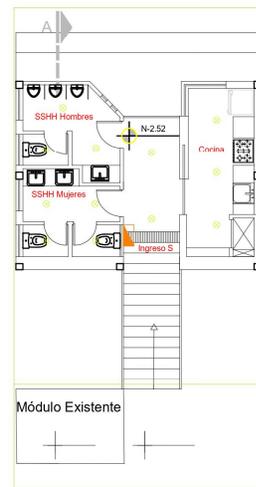
Planta baja
Escala 1:1



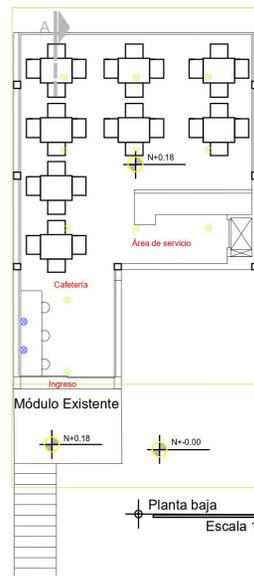
Planta alta
Escala 1:1

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA		
César Antonio Zapata Ayala		Ingeniería Eléctrica
Proyecto de titulación	Diseño de instalaciones eléctricas interiores - Cafetería	Fecha de diseño: 13/08/2021
Escala 1:1		Décimo Semestre

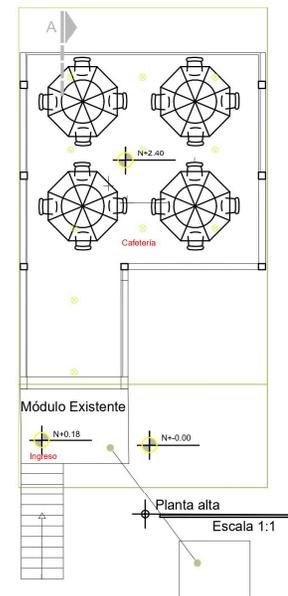
Diseño para dialux



Planta subsuelo
Escala 1:1



Planta baja
Escala 1:1



Planta alta
Escala 1:1

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA		
César Antonio Zapata Ayala		Ingeniería Eléctrica
Proyecto de titulación	Diseño de instalaciones eléctricas interiores - Cafetería	Fecha de diseño: 13/08/2021
Escala 1:1		Décimo Semestre

Anexo 4: Resultados de iluminación exterior Dialux.

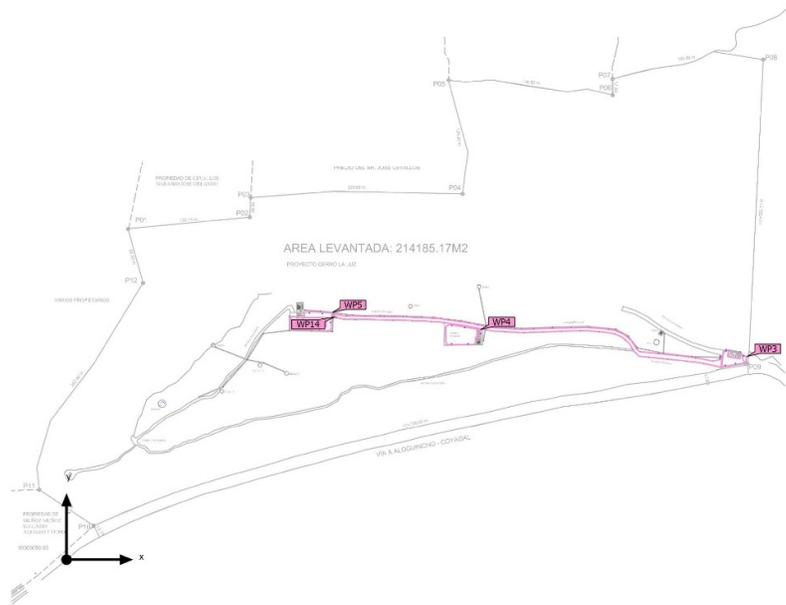
Proyecto Cerro la Luz, César Zapata



Lista de luminarias

Φ_{total} 369104 lm		P_{total} 3008.7 W		Rendimiento lumínico 122.7 lm/W		
Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
15			SKYLINE LED MIDI 18K ASYM WHITE /4000	120.0 W	17765 lm	148.0 lm/W
52			START eco Downlight 145 830	11.9 W	960 lm	80.9 lm/W
5	SYLVANIA	0049040	INTERRATA ADJUSTABLE S IP67 CLEAR 400LM 830 MB	5.7 W	389 lm	68.2 lm/W
44	Feilo Sylvania		ST E BLLRD L-SHAPE M IP54 620L M 830 BLK	8.4 W	679 lm	80.8 lm/W
2	SYLVANIA		P23397-LED PANEL RD 6W DL UNV	5.9 W	444 lm	75.2 lm/W
20	SYLVANIA	0047101	SylFlood IP65 1000LM 840 Black	9.0 W	1000 lm	111.1 lm/W

Terreno del Proyecto Cerro la Luz
Objetos de cálculo



Terreno del Proyecto Cerro la Luz

Objetos de cálculo

Planos útiles

Propiedades	E (Nominal)	E _{min}	E _{máx}	g ₁	g ₂	Índice
Plano útil (Área externa entrada) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	52.2 lx (≥ 10.0 lx) ✓	21.3 lx	85.9 lx	0.41	0.25	WP3
Plano útil (Área externa Juegos Infantiles) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	45.3 lx (≥ 10.0 lx) ✓	21.7 lx	64.0 lx	0.48	0.34	WP4
Plano útil (Área externa lago) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	52.0 lx (≥ 10.0 lx) ✓	23.0 lx	74.6 lx	0.44	0.31	WP5
Plano útil (Área externa sendero) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	9.65 lx (≥ 5.00 lx) ✓	0.14 lx	174 lx	0.015	0.001	WP14

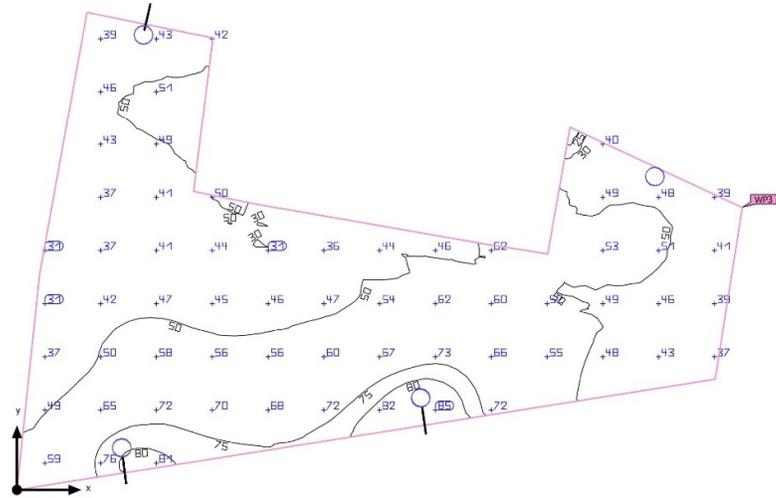
Perfil de uso: Configuración: DIALux predeterminada, Estándar (área de tránsito al aire libre)

Indicaciones para planificación:

El cálculo de los resultados se ha efectuado sin tomar en consideración objetos ni muebles. No se han determinado resultados en sus superficies.

Área externa entrada

Resumen



Área externa entrada

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$E_{\text{perpendicular}}$	52.2 lx	≥ 10.0 lx	✓	WP3
	g1	0.41	-	-	WP3
Valores de consumo	Consumo	4200 kWh/a	máx. 8550 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	1.97 W/m ²	-	-	
		3.77 W/m ² /100 lx	-	-	

Perfil de uso: Áreas de tránsito generales en lugares de trabajo / puestos de trabajo al aire libre, Vías peatonales, exclusivamente para peatones

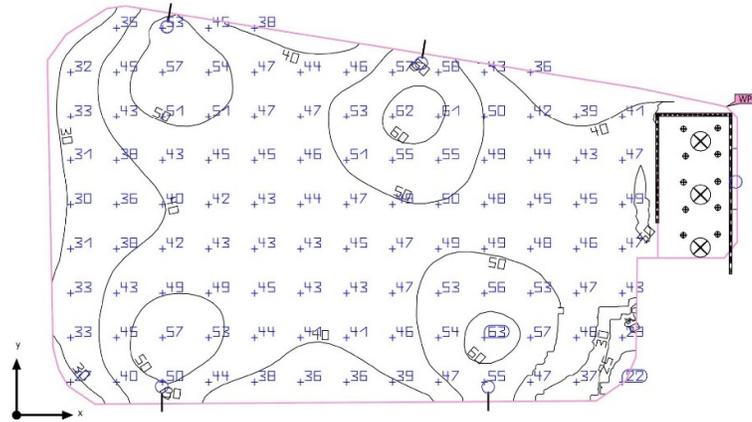
Indicaciones para planificación:

El cálculo de los resultados se ha efectuado sin tomar en consideración objetos ni muebles. No se han determinado resultados en sus superficies.

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
4			SKYLINE LED MIDI 18K ASYM WHITE /4000	120.0 W	17765 lm	148.0 lm/W

Área externa Juegos Infantiles
Resumen



Área externa Juegos Infantiles

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$E_{\text{perpendicular}}$	45.3 lx	≥ 10.0 lx	✓	WP4
	g_1	0.48	-	-	WP4
Valores de consumo	Consumo	5250 kWh/a	máx. 22950 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	0.92 W/m ²	-	-	
		2.02 W/m ² /100 lx	-	-	

Perfil de uso: Áreas de tránsito generales en lugares de trabajo / puestos de trabajo al aire libre, Vías peatonales, exclusivamente para peatones

Indicaciones para planificación:

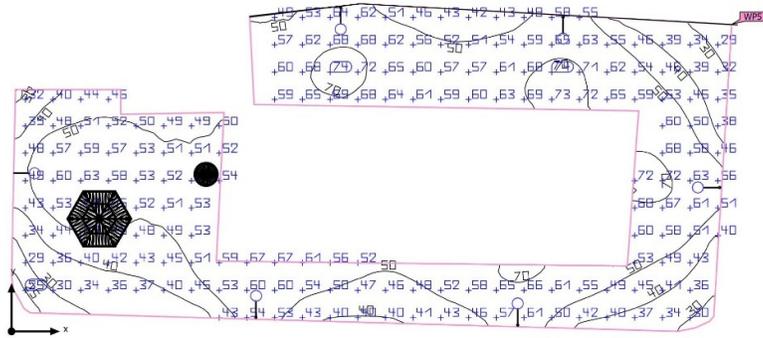
El cálculo de los resultados se ha efectuado sin tomar en consideración objetos ni muebles. No se han determinado resultados en sus superficies.

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
5			SKYLINE LED MIDI 18K ASYM WHITE /4000	120.0 W	17765 lm	148.0 lm/W

Área externa lago

Resumen



Área externa lago

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$E_{\text{perpendicular}}$	52.0 lx	≥ 10.0 lx	✓	WP5
	g1	0.44	-	-	WP5
Valores de consumo	Consumo	6300 kWh/a	máx. 17750 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	1.42 W/m ²	-	-	
		2.73 W/m ² /100 lx	-	-	

Perfil de uso: Áreas de tránsito generales en lugares de trabajo / puestos de trabajo al aire libre, Vías peatonales, exclusivamente para peatones

Indicaciones para planificación:

El cálculo de los resultados se ha efectuado sin tomar en consideración objetos ni muebles. No se han determinado resultados en sus superficies.

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
6			SKYLINE LED MIDI 18K ASYM WHITE /4000	120.0 W	17765 lm	148.0 lm/W

Área externa sendero

Resumen



Área externa sendero

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$E_{\text{perpendicular}}$	9.65 lx	≥ 5.00 lx	✓	WP14
	g_1	0.015	-	-	WP14
Valores de consumo	Consumo	0 kWh/a	máx. 50 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	0.00 W/m ²	-	-	
		0.00 W/m ² /100 lx	-	-	

Perfil de uso: Áreas de tránsito generales en lugares de trabajo / puestos de trabajo al aire libre, Vías peatonales, exclusivamente para peatones

Indicaciones para planificación:

El cálculo de los resultados se ha efectuado sin tomar en consideración objetos ni muebles. No se han determinado resultados en sus superficies.

Anexo 5: Resultados de iluminación interior Dialux.

Proyecto Cerro la Luz, César Zapata



Edificación 1 · Cabaña Entrada

Lista de locales

Local 1

P_{total} 11.9 W	A_{Local} 4.70 m ²	Potencia específica de conexión 2.53 W/m ² = 2.79 W/m ² /100 lx (Local)	E_{perpendicular (Plano útil)} 90.8 lx
------------------------------------	---	---	--

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ _{Luminaria}
1			START eco Downlight 145 830	11.9 W	960 lm

Local 2

P_{total} 23.8 W	A_{Local} 14.10 m ²	Potencia específica de conexión 1.69 W/m ² = 1.91 W/m ² /100 lx (Local)	E_{perpendicular (Plano útil)} 88.2 lx
------------------------------------	--	---	--

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ _{Luminaria}
2			START eco Downlight 145 830	11.9 W	960 lm

Edificación 2 · Baños y cafetería

Lista de locales

Local 3

P_{total} 23.8 W	A_{Local} 10.08 m ²	Potencia específica de conexión 2.36 W/m ² = 3.02 W/m ² /100 lx (Local)	E_{perpendicular (Plano útil)} 78.2 lx
------------------------------------	--	---	--

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ _{Luminaria}
2			START eco Downlight 145 830	11.9 W	960 lm

Local 4

P_{total} 53.5 W	A_{Local} 9.37 m ²	Potencia específica de conexión 5.71 W/m ² = 7.82 W/m ² /100 lx (Local)	E_{perpendicular (Plano útil)} 73.0 lx
------------------------------------	---	---	--

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ _{Luminaria}
4			START eco Downlight 145 830	11.9 W	960 lm
1	SYLVANIA		P23397-LED PANEL RD 6W DL UNV	5.9 W	444 lm

Edificación 3 · Baño 1

Lista de locales

Local 5

P_{total} 53.5 W	A_{Local} 9.37 m ²	Potencia específica de conexión 5.71 W/m ² = 7.52 W/m ² /100 lx (Local)	E_{perpendicular (Plano útil)} 75.9 lx
------------------------------------	---	---	--

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ _{Luminaria}
4			START eco Downlight 145 830	11.9 W	960 lm
1	SYLVANIA		P23397-LED PANEL RD 6W DL UNV	5.9 W	444 lm

Edificación 5 · Subsuelo

Lista de locales

Local 6

P_{total} 35.7 W	A_{Local} 6.34 m ²	Potencia específica de conexión 5.63 W/m ² = 4.10 W/m ² /100 lx (Local)	E_{perpendicular} (Plano útil) 137 lx
------------------------------------	---	---	---

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ _{Luminaria}
3			START eco Downlight 145 830	11.9 W	960 lm

Local 7

P_{total} 47.6 W	A_{Local} 6.12 m ²	Potencia específica de conexión 7.78 W/m ² = 4.64 W/m ² /100 lx (Local)	E_{perpendicular} (Plano útil) 168 lx
------------------------------------	---	---	---

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ _{Luminaria}
4			START eco Downlight 145 830	11.9 W	960 lm

Local 8

P_{total} 59.5 W	A_{Local} 14.87 m ²	Potencia específica de conexión 4.00 W/m ² = 2.92 W/m ² /100 lx (Local)	E_{perpendicular} (Plano útil) 137 lx
------------------------------------	--	---	---

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ _{Luminaria}
5			START eco Downlight 145 830	11.9 W	960 lm

Edificación 5 · Planta Baja · Local 9

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$E_{\text{perpendicular}}$	126 lx	≥ 100 lx	✓	WP12
	g1	0.29	-	-	WP12
Valores de consumo	Consumo	[160 - 250] kWh/a	máx. 2050 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	2.29 W/m ²	-	-	
		1.82 W/m ² /100 lx	-	-	

Perfil de uso: Áreas públicas - Áreas generales, Salas de espera

Indicaciones para planificación:

El cálculo de los resultados se ha efectuado sin tomar en consideración objetos ni muebles. No se han determinado resultados en sus superficies.

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
11			START eco Downlight 145 830	11.9 W	960 lm	80.9 lm/W

Edificación 5 · Planta alta · Local 10

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	$E_{\text{perpendicular}}$	110 lx	≥ 100 lx	✓	WP13
	g_1	0.50	-	-	WP13
	Potencia específica de conexión	2.43 W/m ²	-	-	
		2.21 W/m ² /100 lx	-	-	
Valores de consumo	Consumo	250 kWh/a	máx. 1900 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	2.43 W/m ²	-	-	
		2.21 W/m ² /100 lx	-	-	

Perfil de uso: Áreas públicas - Áreas generales, Salas de espera

Indicaciones para planificación:

El cálculo de los resultados se ha efectuado sin tomar en consideración objetos ni muebles. No se han determinado resultados en sus superficies.

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
11			START eco Downlight 145 830	11.9 W	960 lm	80.9 lm/W

Anexo 6: Datos de Hora Solar Pico en el lugar.

Latitude (decimal degrees):0.057					
Longitude (decimal degrees):-78.402					
Radiation database:PVGIS-NSRDB					
Irradiación golbal en el angulo optimo					
Mes	Irradicación mensual [kWh/m ²]	Irradiación diaria [kWh/m ²]	Irradiación diaria [Wh/m ²]	P. irradiacion incidente [W/m ²]	HSP [h]
Jan	174,46	5,63	5627,74		5,63
Feb	182,19	6,51	6506,79		6,51
Mar	173,89	5,61	5609,35		5,61
Apr	166,62	5,55	5554		5,55
May	157,07	5,07	5066,77		5,07
Jun	169,29	5,64	5643	1000	5,64
Jul	165,02	5,32	5323,23		5,32
Aug	189,03	6,1	6097,74		6,1
Sep	202,75	6,76	6758,33		6,76
Oct	172,52	5,57	5565,16		5,57
Nov	172,9	5,76	5763,33		5,76
Dec	196,1	6,33	6325,81		6,33

H(i)_m: Irradiation on plane at angle (kWh/m²/mo)

PVGIS (c) European Union, 2001-2021

Anexo 7: Cálculo de PV referente a la HSP

Enero

ÁREA	Potencia [W]	Tiempo [h/día]	Energía-día [Wh/día]	Energía-día [kWh/día]	Energía-mes [kWh/mes]	Perdidas	Energía-real [Wh/día]	Horas pico/día	Potencia suministrada PV [W]	Nº Paneles	Nº Paneles Real
Edificación 1	1588,8	3	4766,4	4,7664	142,992		6196,32		1100,589698	4,492202849	5
Edificación 2	765,6	3	2296,8	2,2968	68,904		2985,84		530,3445826	2,164671766	3
Edificación 3	2128,24	4	8512,96	8,51296	255,3888		11066,848		1965,692362	8,023234132	9
Edificación 4	4032,88	4	16131,52	16,13152	483,9456		20970,976		3724,862522	15,2035205	16
Iluminación de áreas externas y esculturas	396	2	792	0,792	23,76	0,30	1029,6	5,63	182,8774423	0,74643854	1
Iluminación de sendero principal	76,1	2	152,2	0,1522	4,566		197,86		35,14387211	0,143444376	1

Febrero

ÁREA	Potencia [W]	Tiempo [h/día]	Energía-día [Wh/día]	Energía-día [kWh/día]	Energía-mes [kWh/mes]	Perdidas	Energía-real [Wh/día]	Horas pico/día	Potencia suministrada PV [W]	Nº Paneles	Nº Paneles Real
Edificación 1	1588,8	3	4766,4	4,7664	142,992		6196,32		951,8156682	3,884961911	4
Edificación 2	765,6	3	2296,8	2,2968	68,904		2985,84		458,6543779	1,872058685	2
Edificación 3	2128,24	4	8512,96	8,51296	255,3888		11066,848		1699,976651	6,938680209	7
Edificación 4	4032,88	4	16131,52	16,13152	483,9456		20970,976		3221,34808	13,14835951	14
Iluminación de áreas externas y esculturas	396	2	792	0,792	23,76	0,30	1029,6	6,51	158,156682	0,645537478	1
Iluminación de sendero principal	76,1	2	152,2	0,1522	4,566		197,86		30,39324117	0,124054046	1
											29

Marzo

ÁREA	Potencia [W]	Tiempo [h/día]	Energía-día [Wh/día]	Energía-día [kWh/día]	Energía-mes [kWh/mes]	Perdidas	Energía-real [Wh/día]	Horas pico/día	Potencia suministrada PV [W]	Nº Paneles	Nº Paneles Real
Edificación 1	1588,8	3	4766,4	4,7664	142,992		6196,32		1104,513369	4,508217833	5
Edificación 2	765,6	3	2296,8	2,2968	68,904		2985,84		532,2352941	2,172388956	3
Edificación 3	2128,24	4	8512,96	8,51296	255,3888		11066,848		1972,700178	8,051837462	9
Edificación 4	4032,88	4	16131,52	16,13152	483,9456		20970,976		3738,141889	15,257722	16
Iluminación de áreas externas y esculturas	396	2	792	0,792	23,76	0,30	1029,6	5,61	183,5294118	0,74909964	1
Iluminación de sendero principal	76,1	2	152,2	0,1522	4,566		197,86		35,26916221	0,143955764	1
											35

Abril

ÁREA	Potencia [W]	Tiempo [h/día]	Energía-día [Wh/día]	Energía-día [kWh/día]	Energía-mes [kWh/mes]	Perdidas	Energía-real [Wh/día]	Horas pico/día	Potencia suministrada PV [W]	Nº Paneles	Nº Paneles Real
Edificación 1	1588,8	3	4766,4	4,7664	142,992		6196,32		1116,454054	4,556955323	5
Edificación 2	765,6	3	2296,8	2,2968	68,904		2985,84		537,9891892	2,195874242	3
Edificación 3	2128,24	4	8512,96	8,51296	255,3888		11066,848		1994,026667	8,138884354	9
Edificación 4	4032,88	4	16131,52	16,13152	483,9456		20970,976		3778,554234	15,42267034	16
Iluminación de áreas externas y esculturas	396	2	792	0,792	23,76	0,30	1029,6	5,55	185,5135135	0,757198014	1
Iluminación de sendero principal	76,1	2	152,2	0,1522	4,566		197,86		35,65045045	0,145512043	1
											35

Mayo

ÁREA	Potencia [W]	Tiempo [h/día]	Energía-día [Wh/día]	Energía-día [kWh/día]	Energía-mes [kWh/mes]	Perdidas	Energía-real [Wh/día]	Horas pico/día	Potencia suministrada PV [W]	Nº Paneles	Nº Paneles Real
Edificación 1	1588,8	3	4766,4	4,7664	142,992		6196,32		1222,153846	4,988383046	5
Edificación 2	765,6	3	2296,8	2,2968	68,904		2985,84		588,9230769	2,403767661	3
Edificación 3	2128,24	4	8512,96	8,51296	255,3888		11066,848		2182,810256	8,909429618	9
Edificación 4	4032,88	4	16131,52	16,13152	483,9456		20970,976		4136,287179	16,88280481	17
Iluminación de áreas externas y esculturas	396	2	792	0,792	23,76	0,30	1029,6	5,07	203,0769231	0,8288854	1
Iluminación de sendero principal	76,1	2	152,2	0,1522	4,566		197,86		39,02564103	0,159288331	1
											36

Junio

ÁREA	Potencia [W]	Tiempo [h/día]	Energía-día [Wh/día]	Energía-día [kWh/día]	Energía-mes [kWh/mes]	Perdidas	Energía-real [Wh/día]	Horas pico/día	Potencia suministrada PV [W]	Nº Paneles	Nº Paneles Real
Edificación 1	1588,8	3	4766,4	4,7664	142,992		6196,32		1098,638298	4,48423795	5
Edificación 2	765,6	3	2296,8	2,2968	68,904		2985,84		529,4042553	2,160833695	3
Edificación 3	2128,24	4	8512,96	8,51296	255,3888		11066,848		1962,207092	8,00900854	9
Edificación 4	4032,88	4	16131,52	16,13152	483,9456		20970,976		3718,258156	15,1765639	16
Iluminación de áreas externas y esculturas	396	2	792	0,792	23,76	0,30	1029,6	5,64	182,5531915	0,745115067	1
Iluminación de sendero principal	76,1	2	152,2	0,1522	4,566		197,86		35,08156028	0,143190042	1

35

Julio

ÁREA	Potencia [W]	Tiempo [h/día]	Energía-día [Wh/día]	Energía-día [kWh/día]	Energía-mes [kWh/mes]	Perdidas	Energía-real [Wh/día]	Horas pico/día	Potencia suministrada PV [W]	Nº Paneles	Nº Paneles Real
Edificación 1	1588,8	3	4766,4	4,7664	142,992		6196,32		1164,721805	4,753966549	5
Edificación 2	765,6	3	2296,8	2,2968	68,904		2985,84		561,2481203	2,290808654	3
Edificación 3	2128,24	4	8512,96	8,51296	255,3888		11066,848		2080,234586	8,490753414	9
Edificación 4	4032,88	4	16131,52	16,13152	483,9456		20970,976		3941,912782	16,08943993	17
Iluminación de áreas externas y esculturas	396	2	792	0,792	23,76	0,30	1029,6	5,32	193,5338346	0,789934019	1
Iluminación de sendero principal	76,1	2	152,2	0,1522	4,566		197,86		37,19172932	0,151802977	1

36

Agosto

ÁREA	Potencia [W]	Tiempo [h/día]	Energía-día [Wh/día]	Energía-día [kWh/día]	Energía-mes [kWh/mes]	Perdidas	Energía-real [Wh/día]	Horas pico/día	Potencia suministrada PV [W]	Nº Paneles	Nº Paneles Real
Edificación 1	1588,8	3	4766,4	4,7664	142,992		6196,32		1015,790164	4,146082302	5
Edificación 2	765,6	3	2296,8	2,2968	68,904		2985,84		489,4819672	1,99788558	2
Edificación 3	2128,24	4	8512,96	8,51296	255,3888		11066,848		1814,237377	7,405050519	8
Edificación 4	4032,88	4	16131,52	16,13152	483,9456		20970,976		3437,864918	14,03210171	15
Iluminación de áreas externas y esculturas	396	2	792	0,792	23,76	0,30	1029,6	6,1	168,7868852	0,688926062	1
Iluminación de sendero principal	76,1	2	152,2	0,1522	4,566		197,86		32,43606557	0,132392104	1
											32

Septiembre

ÁREA	Potencia [W]	Tiempo [h/día]	Energía-día [Wh/día]	Energía-día [kWh/día]	Energía-mes [kWh/mes]	Perdidas	Energía-real [Wh/día]	Horas pico/día	Potencia suministrada PV [W]	Nº Paneles	Nº Paneles Real
Edificación 1	1588,8	3	4766,4	4,7664	142,992		6196,32		916,6153846	3,741287284	4
Edificación 2	765,6	3	2296,8	2,2968	68,904		2985,84		441,6923077	1,802825746	2
Edificación 3	2128,24	4	8512,96	8,51296	255,3888		11066,848		1637,107692	6,682072214	7
Edificación 4	4032,88	4	16131,52	16,13152	483,9456		20970,976		3102,215385	12,66210361	13
Iluminación de áreas externas y esculturas	396	2	792	0,792	23,76	0,30	1029,6	6,76	152,3076923	0,62166405	1
Iluminación de sendero principal	76,1	2	152,2	0,1522	4,566		197,86		29,26923077	0,119466248	1
											28

Octubre

ÁREA	Potencia [W]	Tiempo [h/día]	Energía-día [Wh/día]	Energía-día [kWh/día]	Energía-mes [kWh/mes]	Perdidas	Energía-real [Wh/día]	Horas pico/día	Potencia suministrada PV [W]	Nº Paneles	Nº Paneles Real
Edificación 1	1588,8	3	4766,4	4,7664	142,992		6196,32		1112,445242	4,540592826	5
Edificación 2	765,6	3	2296,8	2,2968	68,904		2985,84		536,0574506	2,187989594	3
Edificación 3	2128,24	4	8512,96	8,51296	255,3888		11066,848		1986,866786	8,109660352	9
Edificación 4	4032,88	4	16131,52	16,13152	483,9456		20970,976		3764,986715	15,36729271	16
Iluminación de áreas externas y esculturas	396	2	792	0,792	23,76	0,30	1029,6	5,57	184,8473968	0,75447917	1
Iluminación de sendero principal	76,1	2	152,2	0,1522	4,566		197,86		35,52244165	0,144989558	1
											35

Noviembre

ÁREA	Potencia [W]	Tiempo [h/día]	Energía-día [Wh/día]	Energía-día [kWh/día]	Energía-mes [kWh/mes]	Perdidas	Energía-real [Wh/día]	Horas pico/día	Potencia suministrada PV [W]	Nº Paneles	Nº Paneles Real
Edificación 1	1588,8	3	4766,4	4,7664	142,992		6196,32		1075,75	4,390816327	5
Edificación 2	765,6	3	2296,8	2,2968	68,904		2985,84		518,375	2,115816327	3
Edificación 3	2128,24	4	8512,96	8,51296	255,3888		11066,848		1921,327778	7,842154195	8
Edificación 4	4032,88	4	16131,52	16,13152	483,9456		20970,976		3640,794444	14,86038549	15
Iluminación de áreas externas y esculturas	396	2	792	0,792	23,76	0,30	1029,6	5,76	178,75	0,729591837	1
Iluminación de sendero principal	76,1	2	152,2	0,1522	4,566		197,86		34,35069444	0,140206916	1
											33

Diciembre

ÁREA	Potencia [W]	Tiempo [h/día]	Energía-día [Wh/día]	Energía-día [kWh/día]	Energía-mes [kWh/mes]	Perdidas	Energía-real [Wh/día]	Horas pico/día	Potencia suministrada PV [W]	Nº Paneles	Nº Paneles Real
Edificación 1	1588,8	3	4766,4	4,7664	142,992		6196,32		978,8815166	3,995434762	4
Edificación 2	765,6	3	2296,8	2,2968	68,904		2985,84		471,6966825	1,925292581	2
Edificación 3	2128,24	4	8512,96	8,51296	255,3888		11066,848		1748,31722	7,135988651	8
Edificación 4	4032,88	4	16131,52	16,13152	483,9456		20970,976		3312,950395	13,52224651	14
Iluminación de áreas externas y esculturas	396	2	792	0,792	23,76	0,30	1029,6	6,33	162,6540284	0,663893994	1
Iluminación de sendero principal	76,1	2	152,2	0,1522	4,566		197,86		31,25750395	0,127581649	1

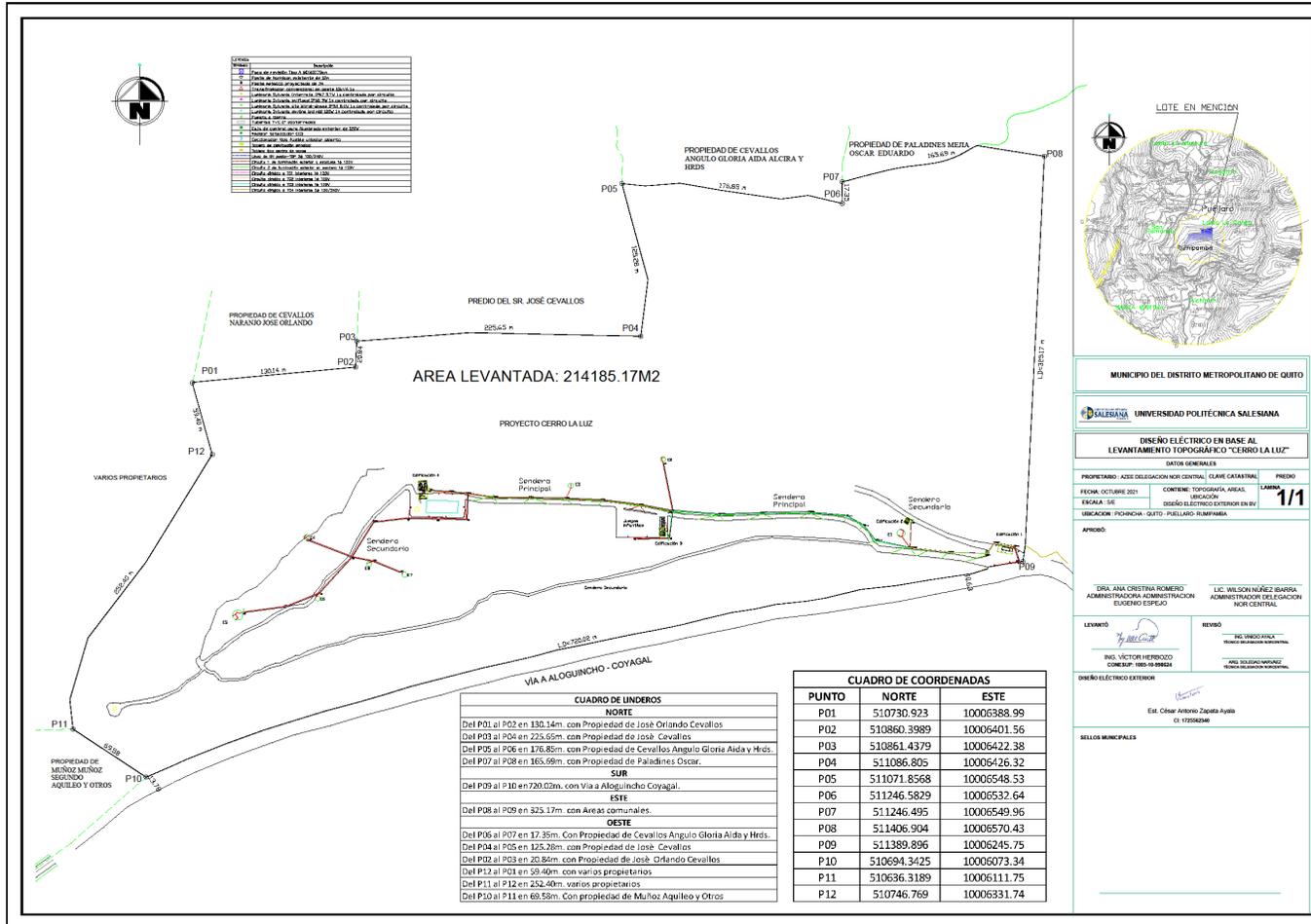
Anexo 8: Cálculo de baterías

Características de batería		
Corriente por hora	150	[A.h]
Voltaje DC	12	[V]
Vida útil	10 a 12	[años]
DOD	30	[%]
Ciclos	2400	
Dimensiones	486x171x241 [mm]	[mm]
Energía nominal	1800	[Wh]
Peso	47 [kg]	[kg]

ÁREA	Energía-real [Wh/día]
Edificación 1	6196,32
Edificación 2	2985,84
Edificación 3	11066,848
Edificación 4	20970,976
Iluminación de áreas externas y esculturas	1029,6
Iluminación de sendero principal	197,86
E.total [Wh/día]	42447,444

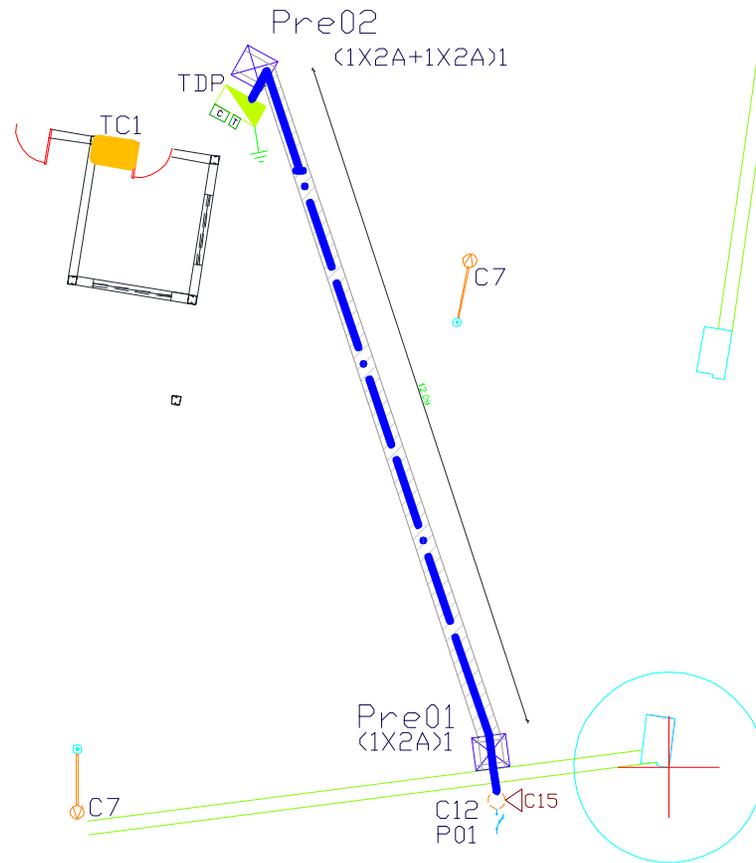
Energía-real [Wh/día]	Energía-batería [Wh/día]	Nº Baterías	Nº Real Baterías
42447,44	60639,21	33,69	34

Anexo 9: Diseño de red soterrada en bajo voltaje

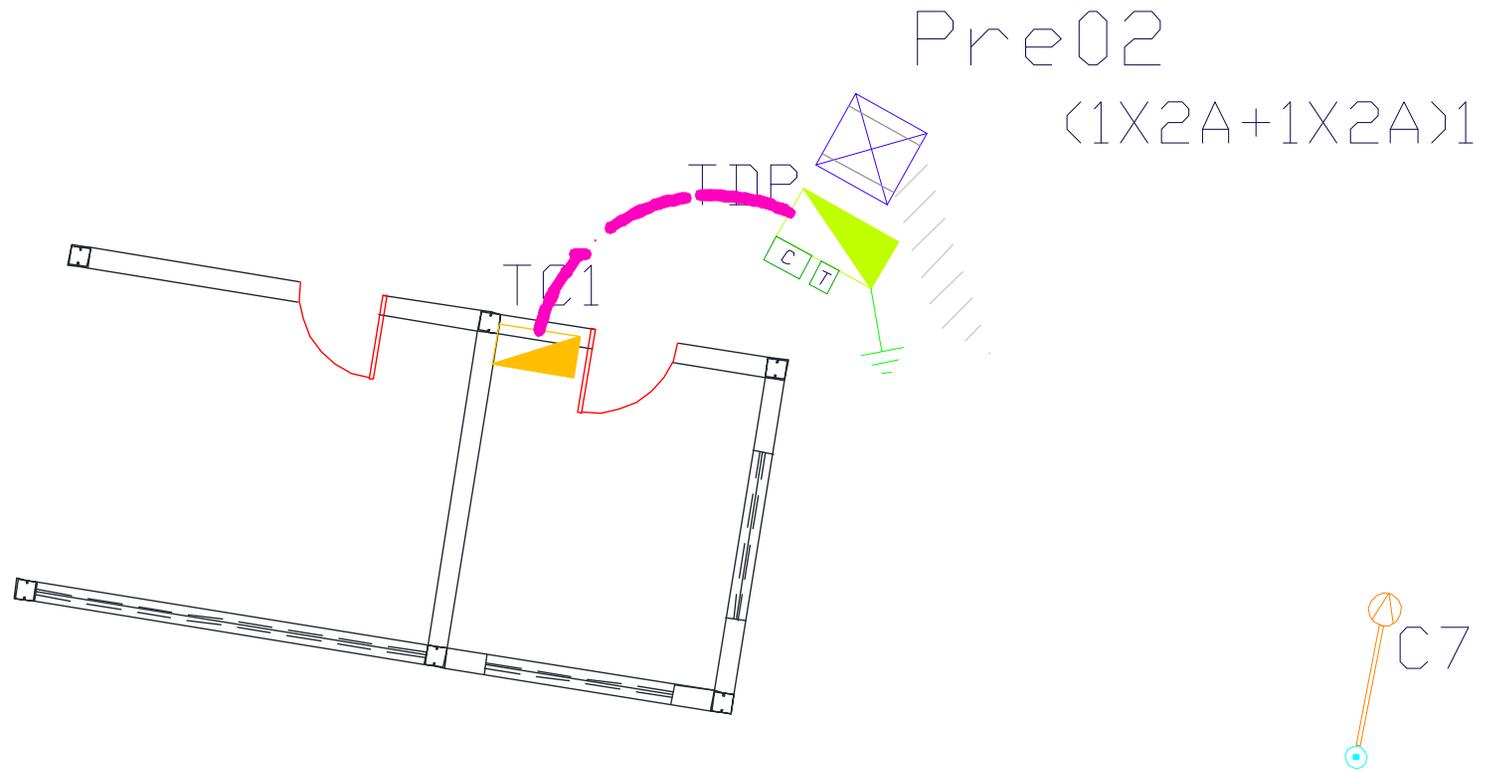


LEYENDA	
Símbolo	Descripción
	Pozo de revisión Tipo A 60X60X75cm
	Poste de hormigon existente de 12m
	Poste metalico proyectada de 7m
	Transformador convencional en poste 15kVA 1φ
	Luminaria Sylvania Interrata IP67 5.7W 1φ controlada por circuito
	Luminaria Sylvania sylflood IP65 9W 1φ controlada por circuito
	Luminaria Sylvania ste blldl-shape IP54 8.4W 1φ controlada por circuito
	Luminaria Sylvania skyline led midi 120W 1φ controlada por circuito
	Puesta a tierra
	Tuberias TVC 2" soterrados
	Caja de control para Alumbrado exterior de 120W
	Medidor totalizador EED
	Seccionador tipo fusible unipolar abierto
	Tablero de distribución principal
	Tablero tipo centro de carga
	Línea de BV poste-TDP 2φ 120/240V
	Círculo 1 de iluminación exterior y estatuas 1φ 120V
	Círculo 2 de iluminación exterior en sendero 1φ 120V
	Círculo dirigido a TC1 interiores 1φ 120V
	Círculo dirigido a TC2 interiores 1φ 120V
	Círculo dirigido a TC3 interiores 1φ 120V
	Círculo dirigido a TC4 interiores 2φ 120/240V

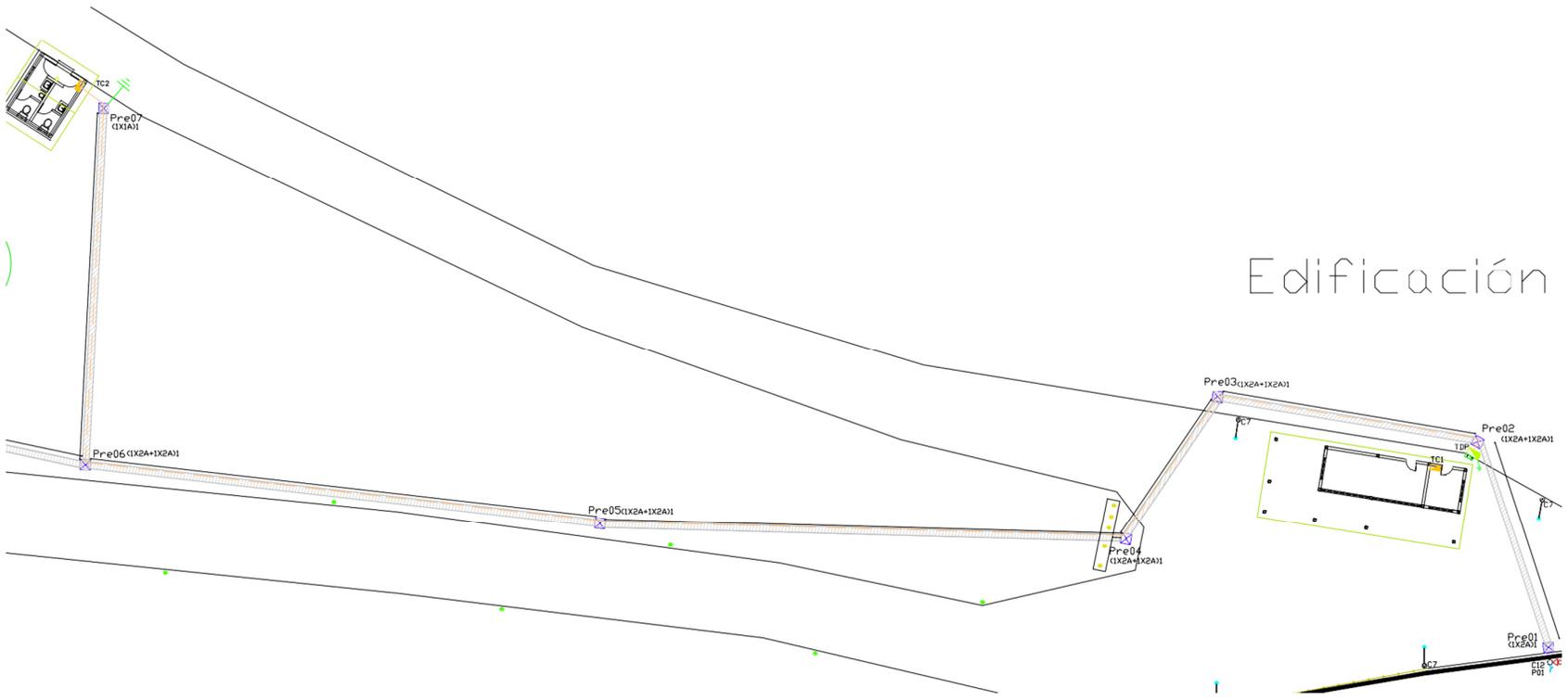
Circuito de alimentación principal



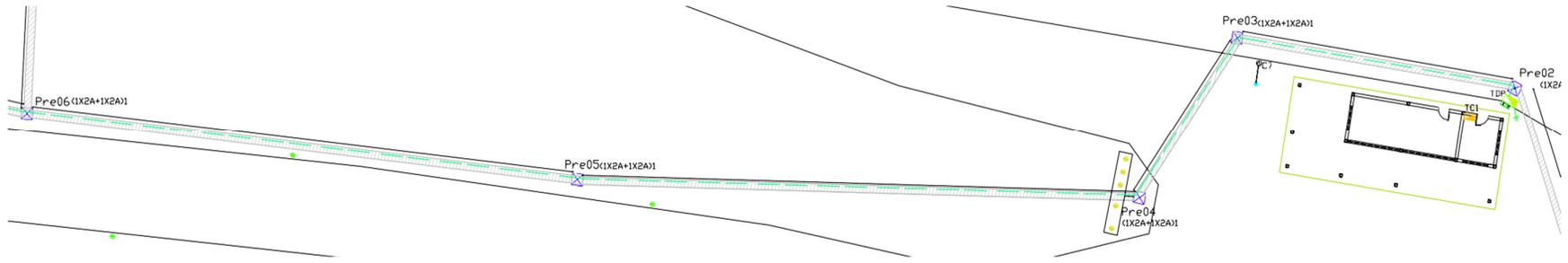
Circuito Secundario I



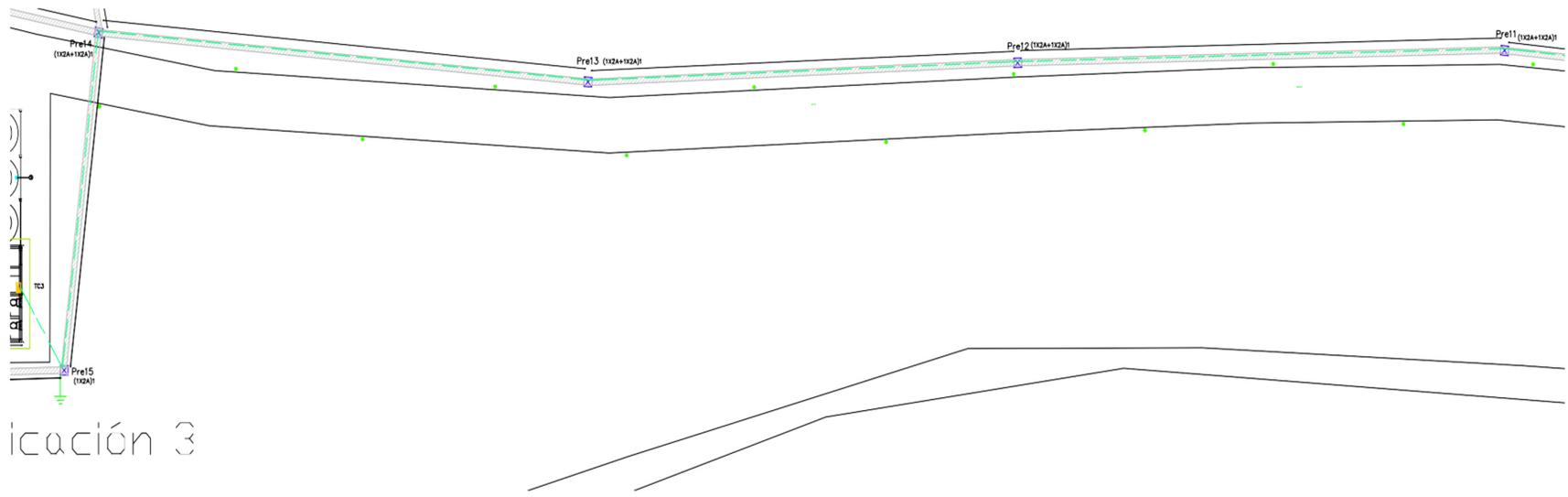
Circuito Secundario II



Circuito Secundario III

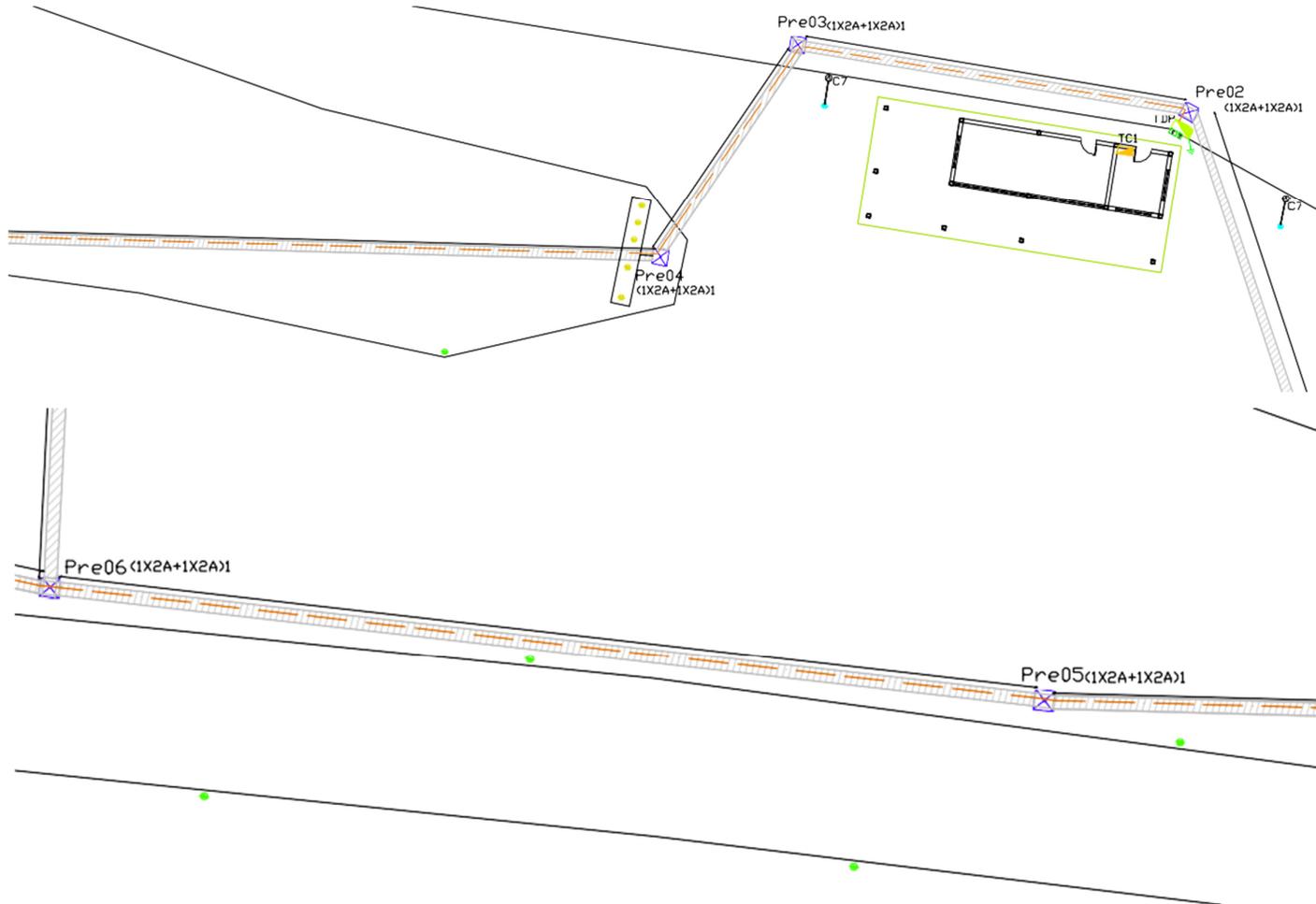


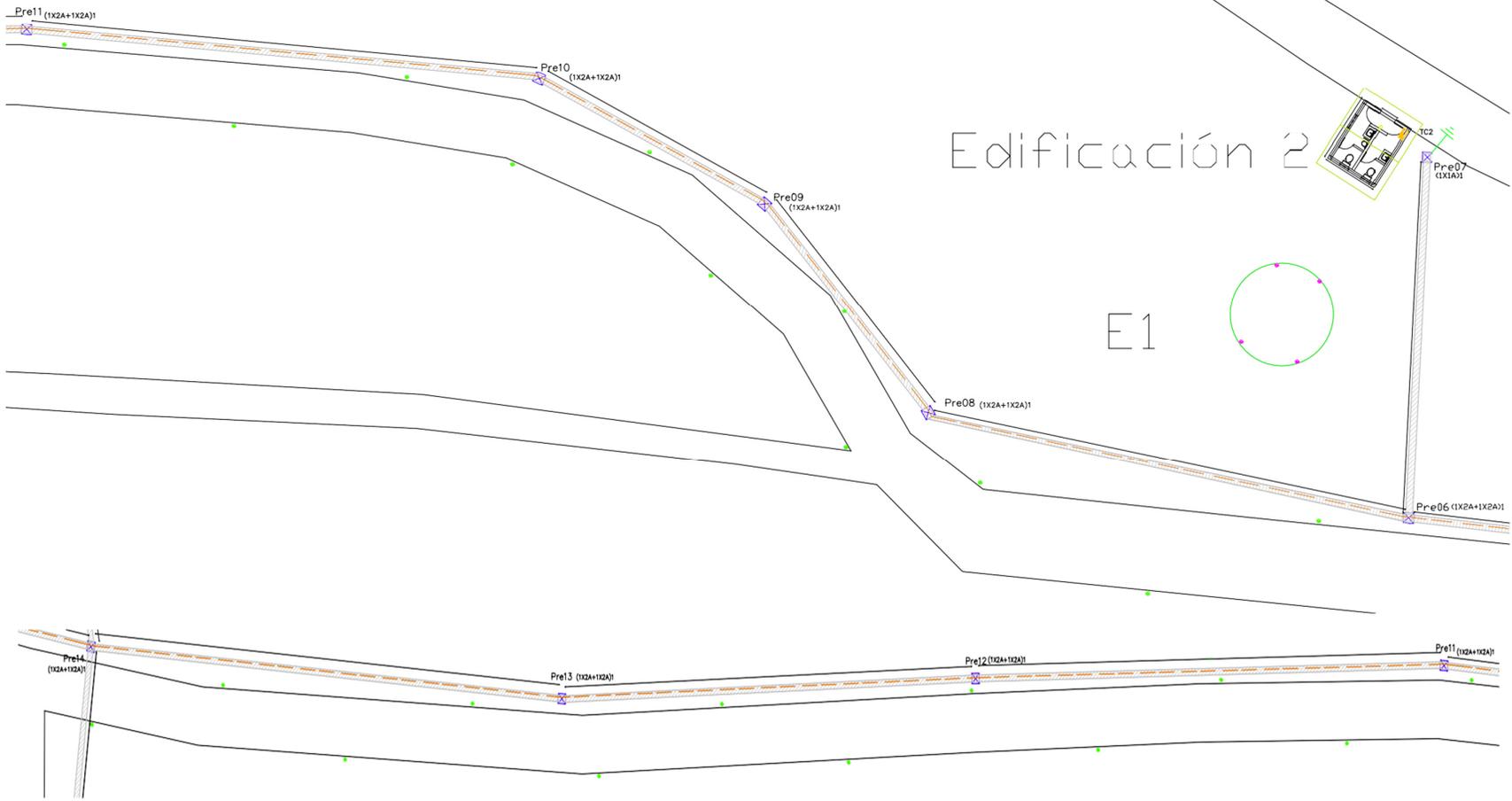


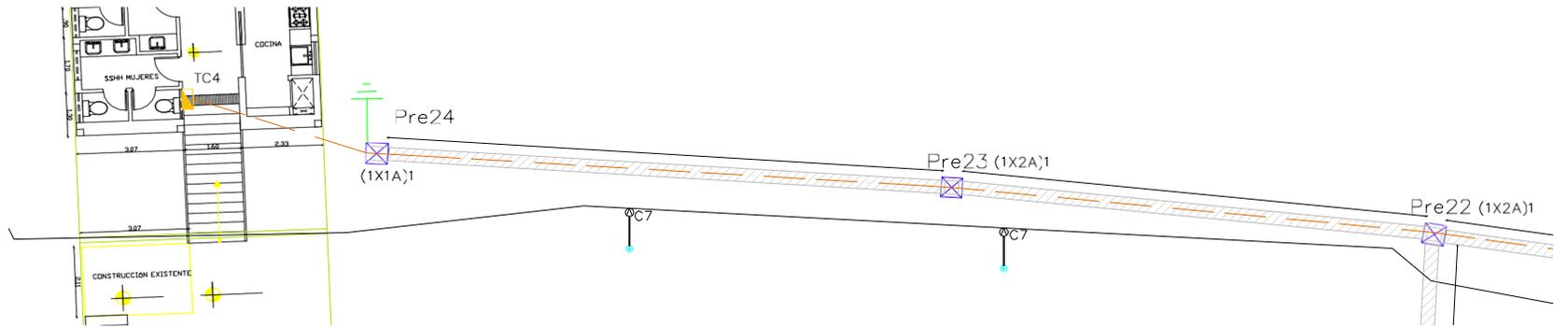
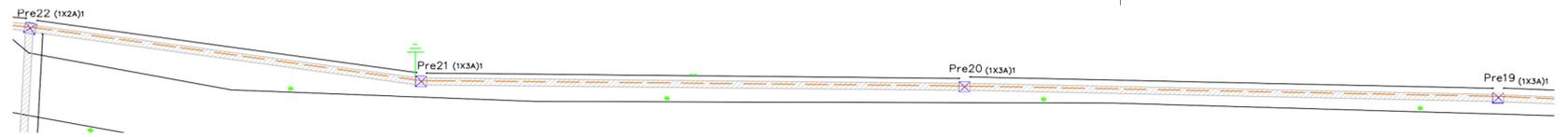
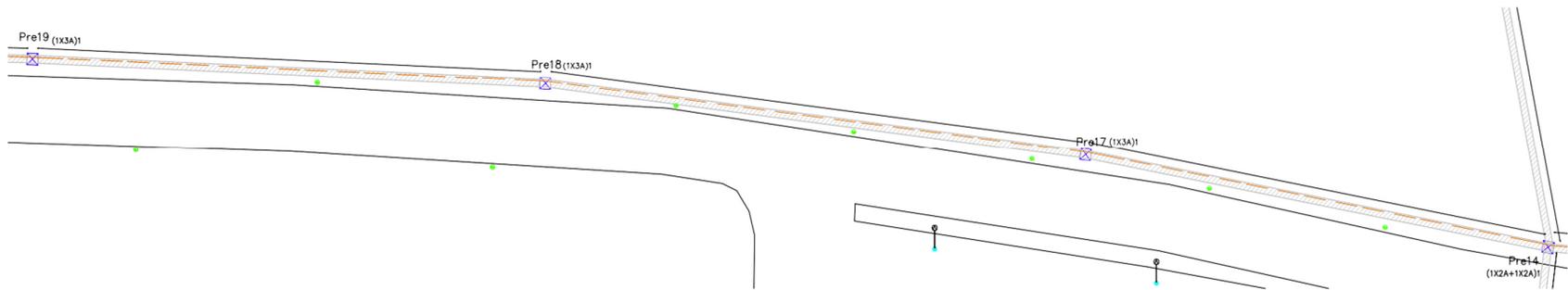


icación 3

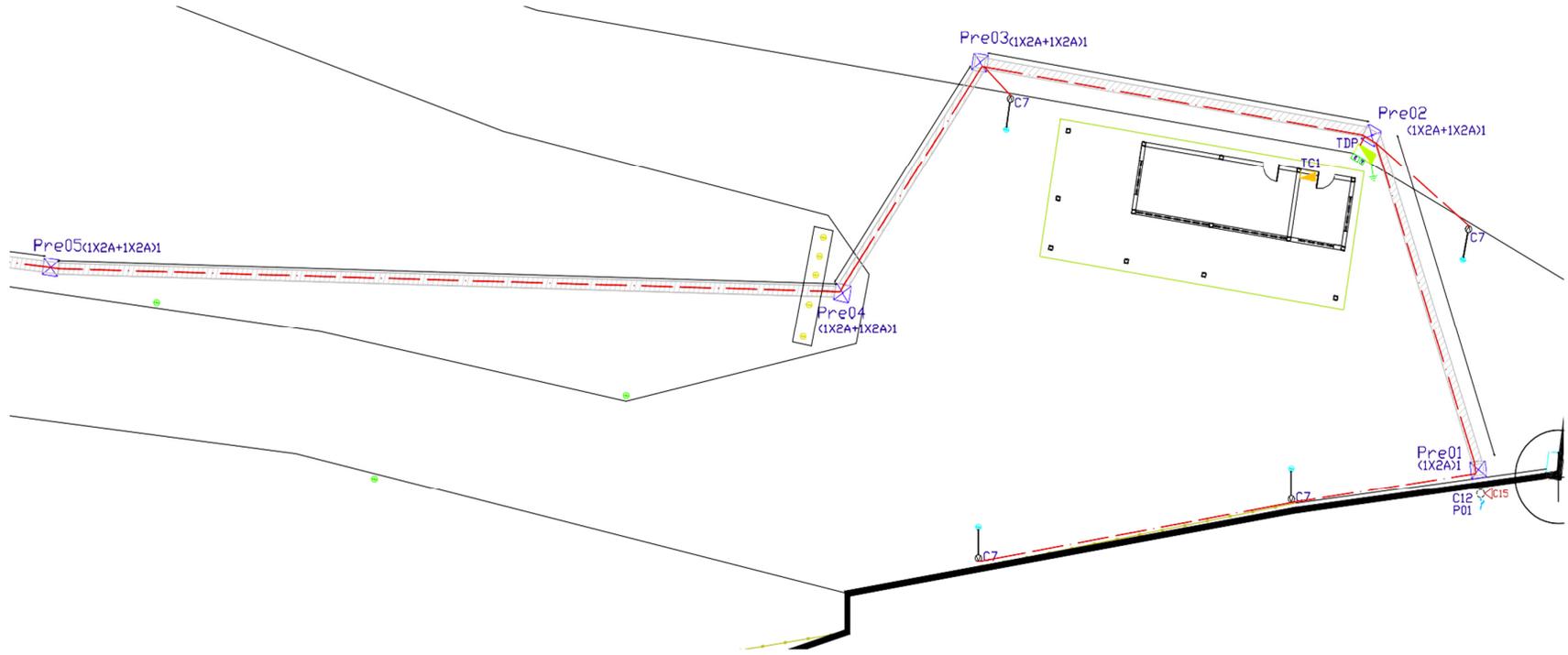
Circuito Secundario IV



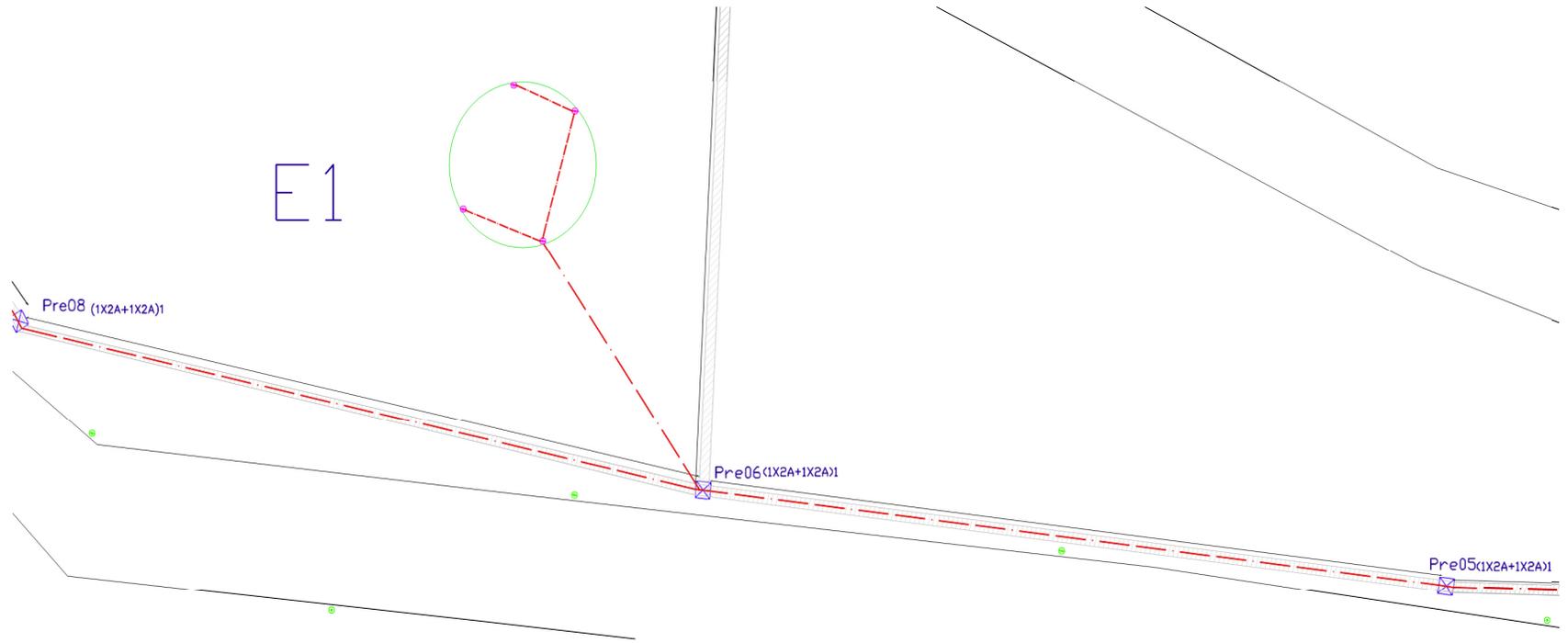




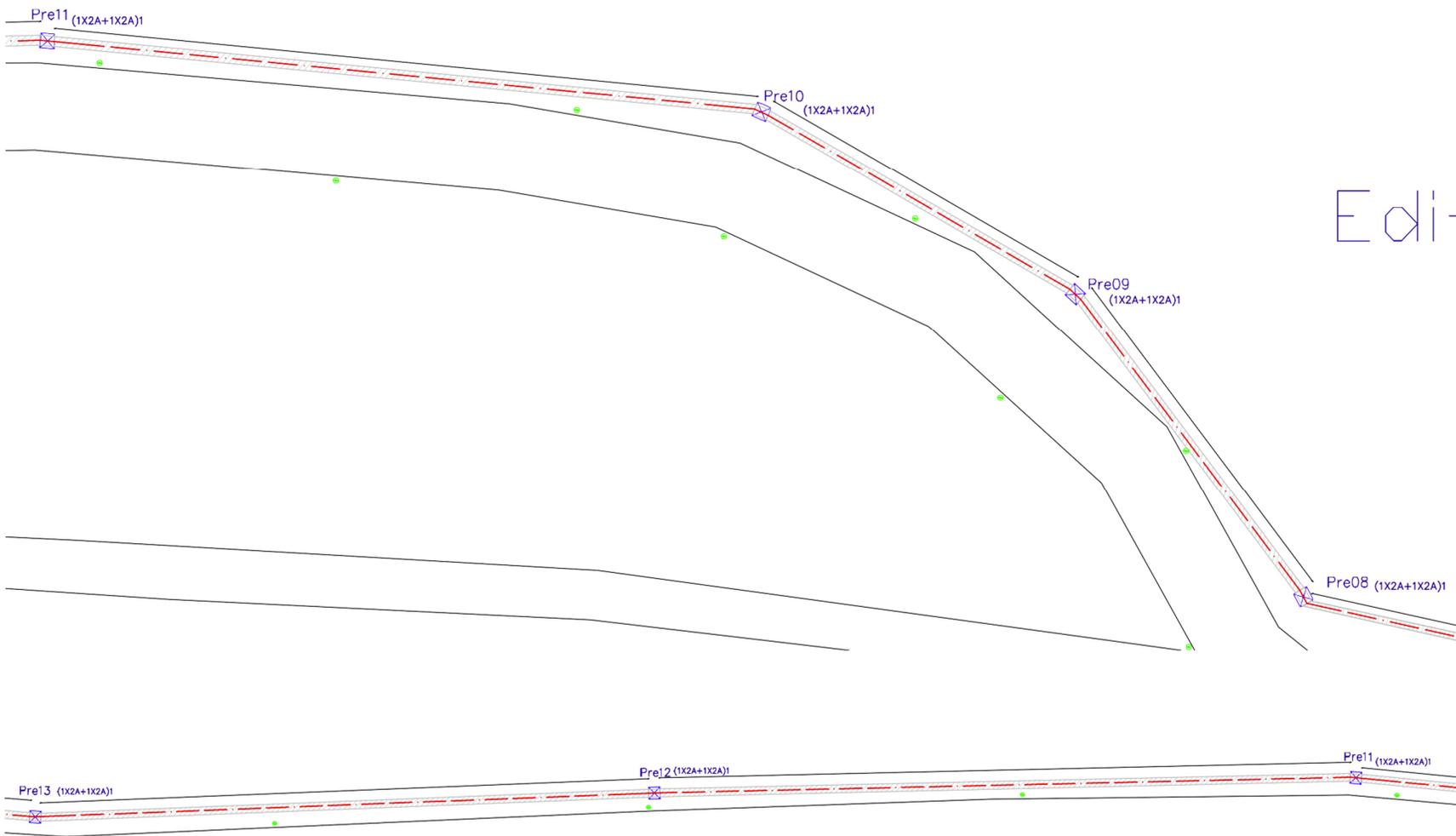
Circuito de iluminación exterior I

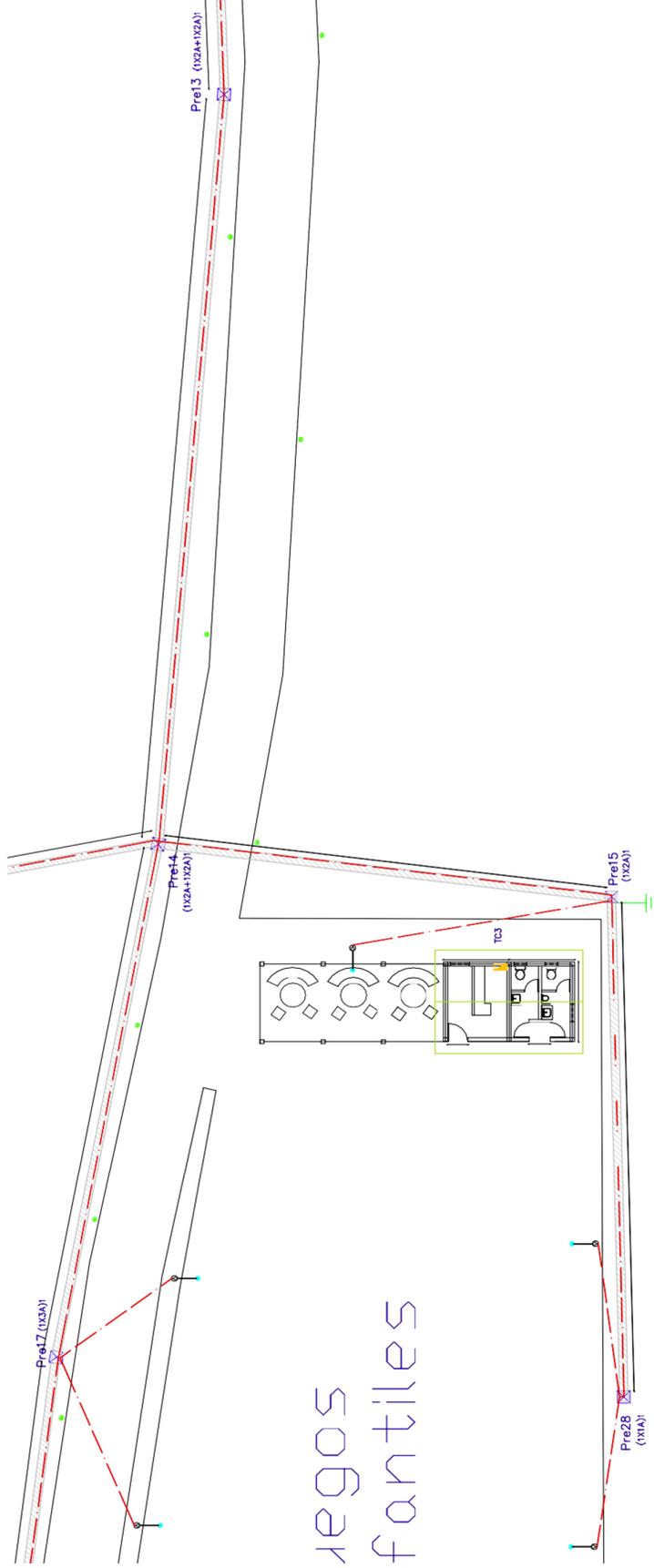


E1

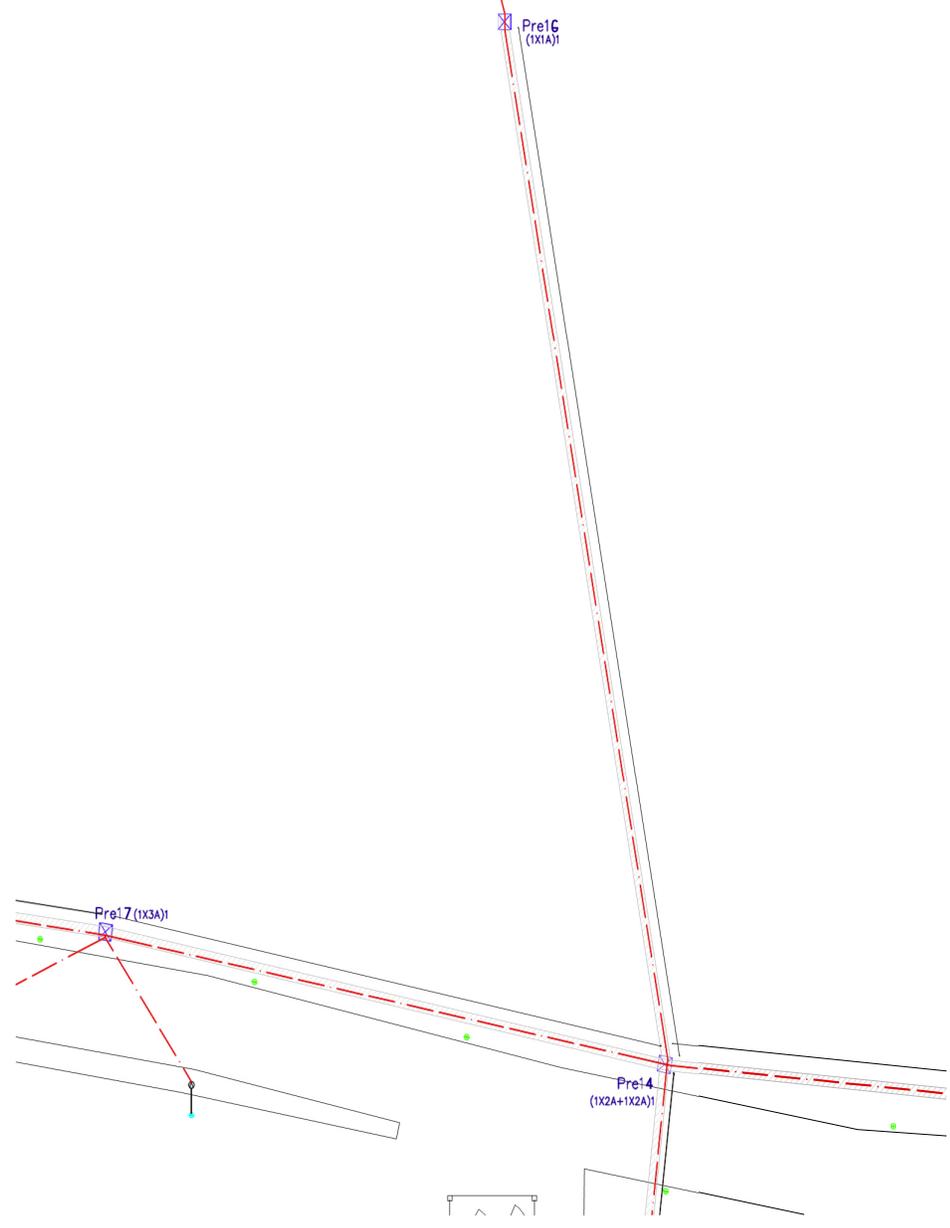


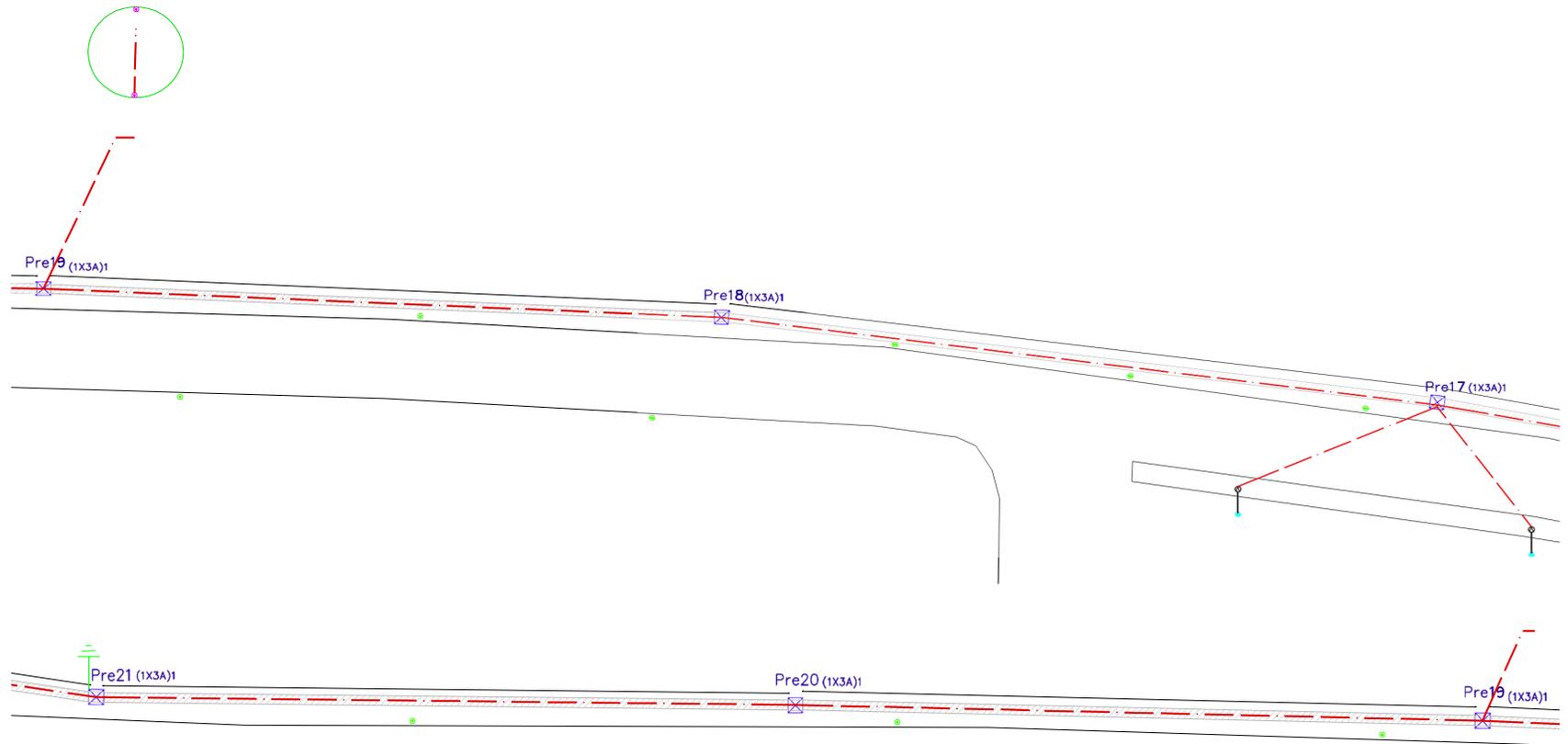
Edit

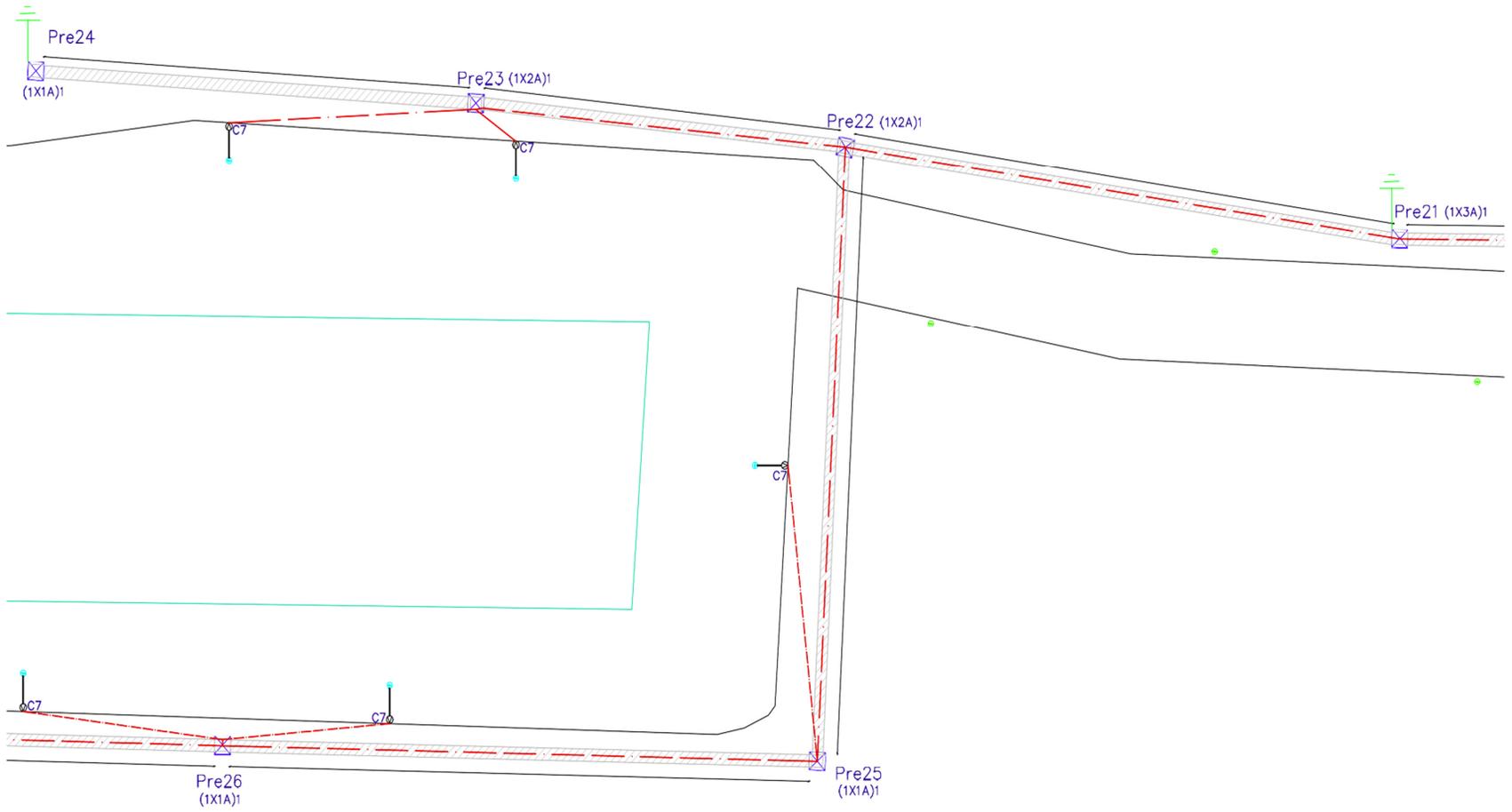


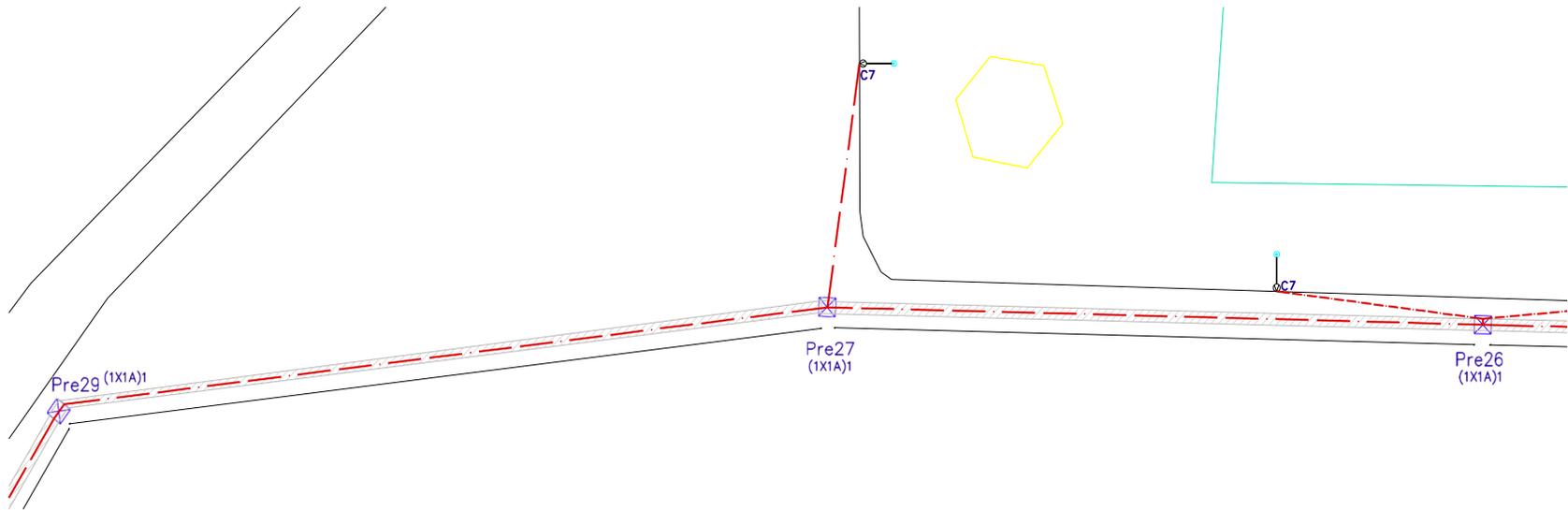


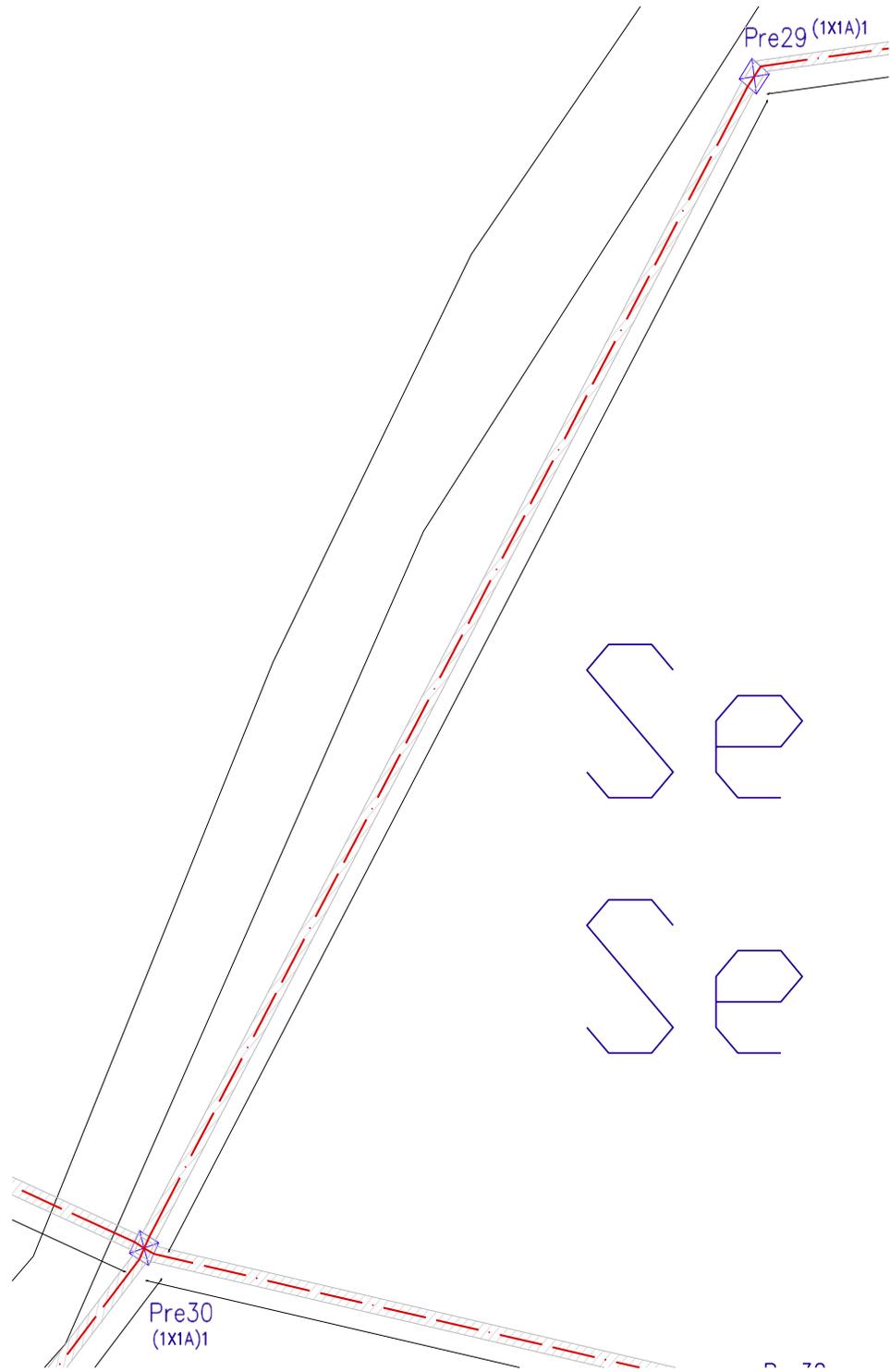
E2

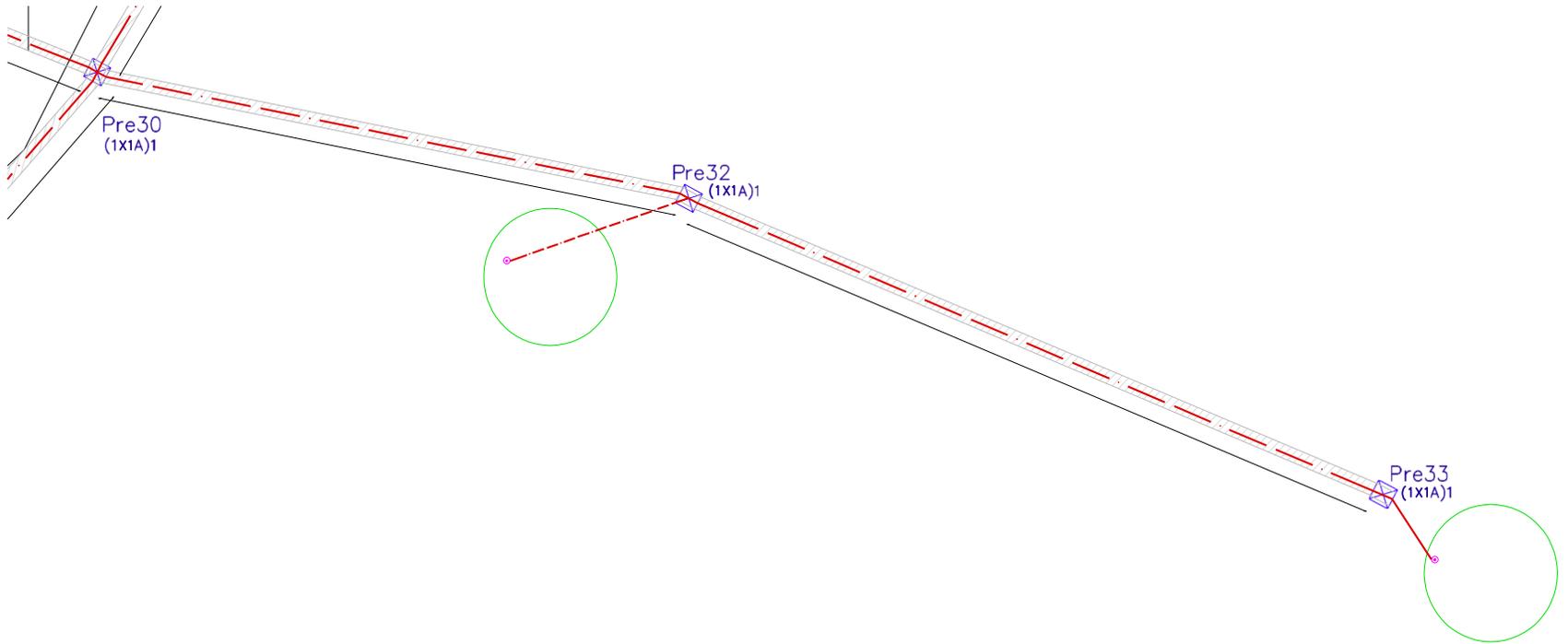


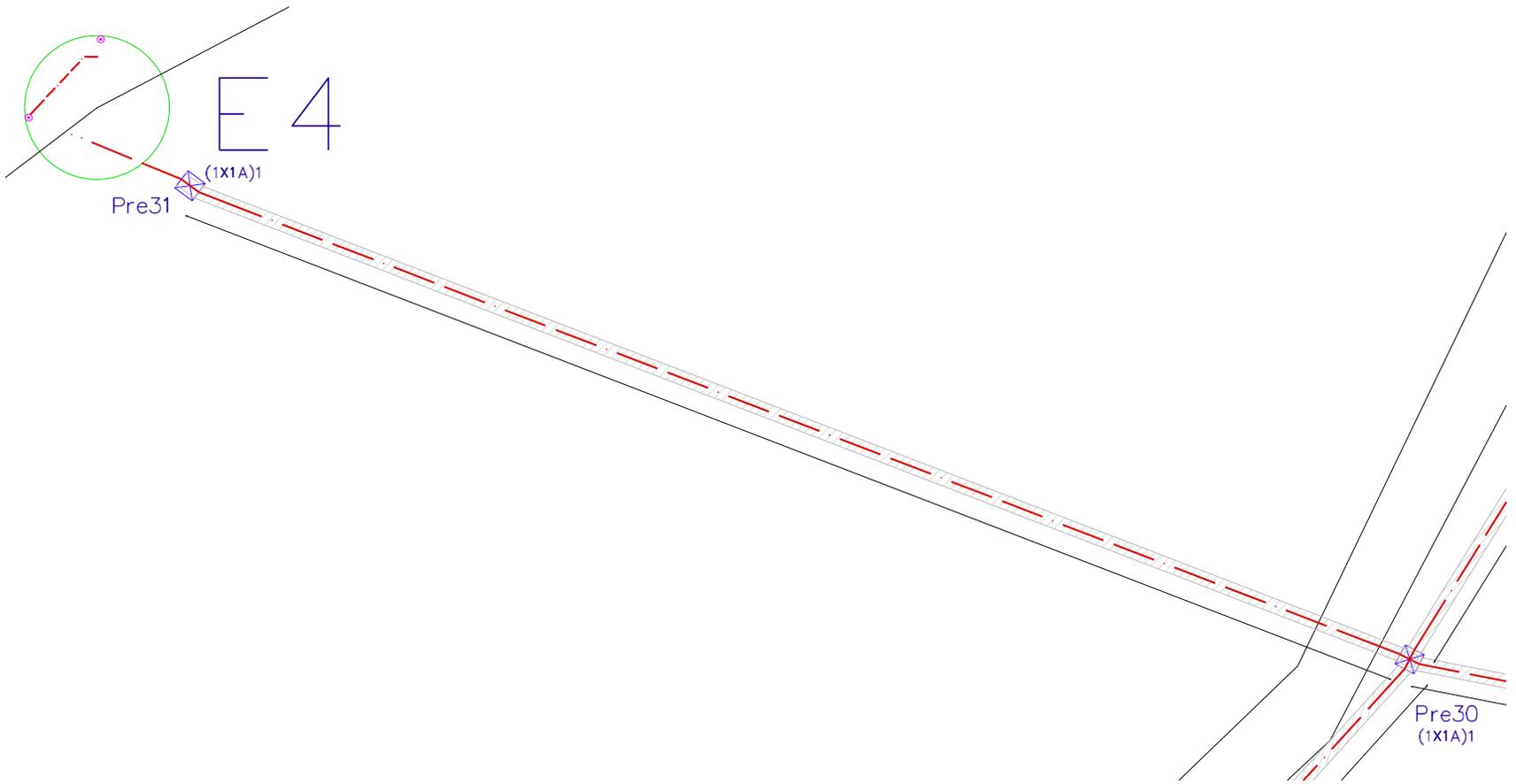


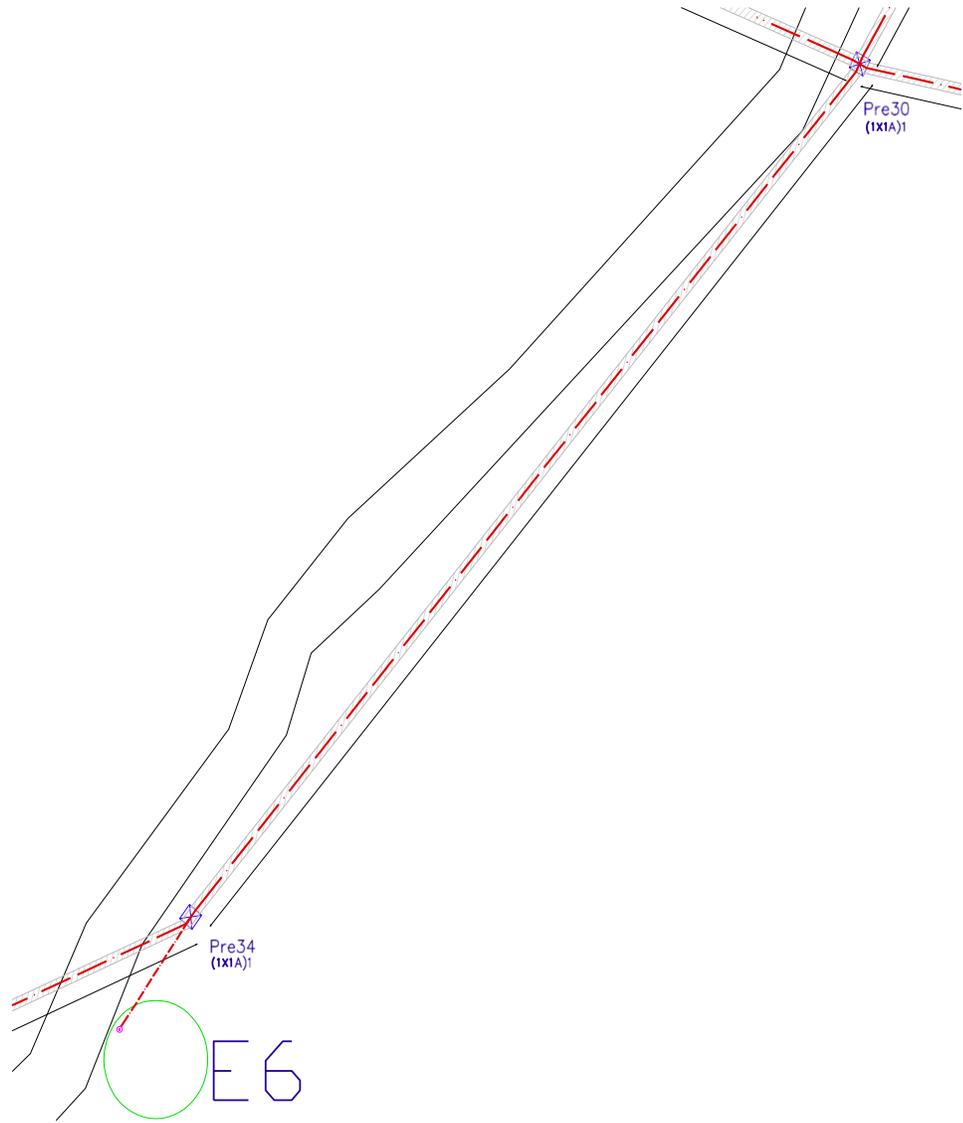


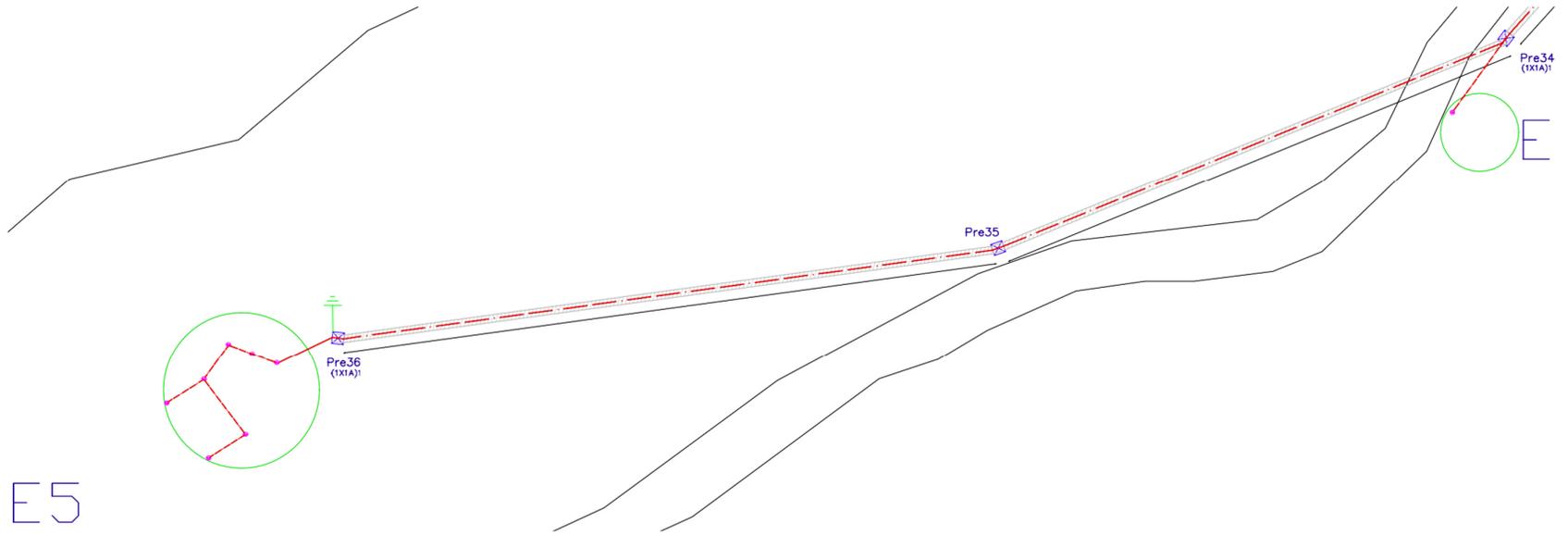




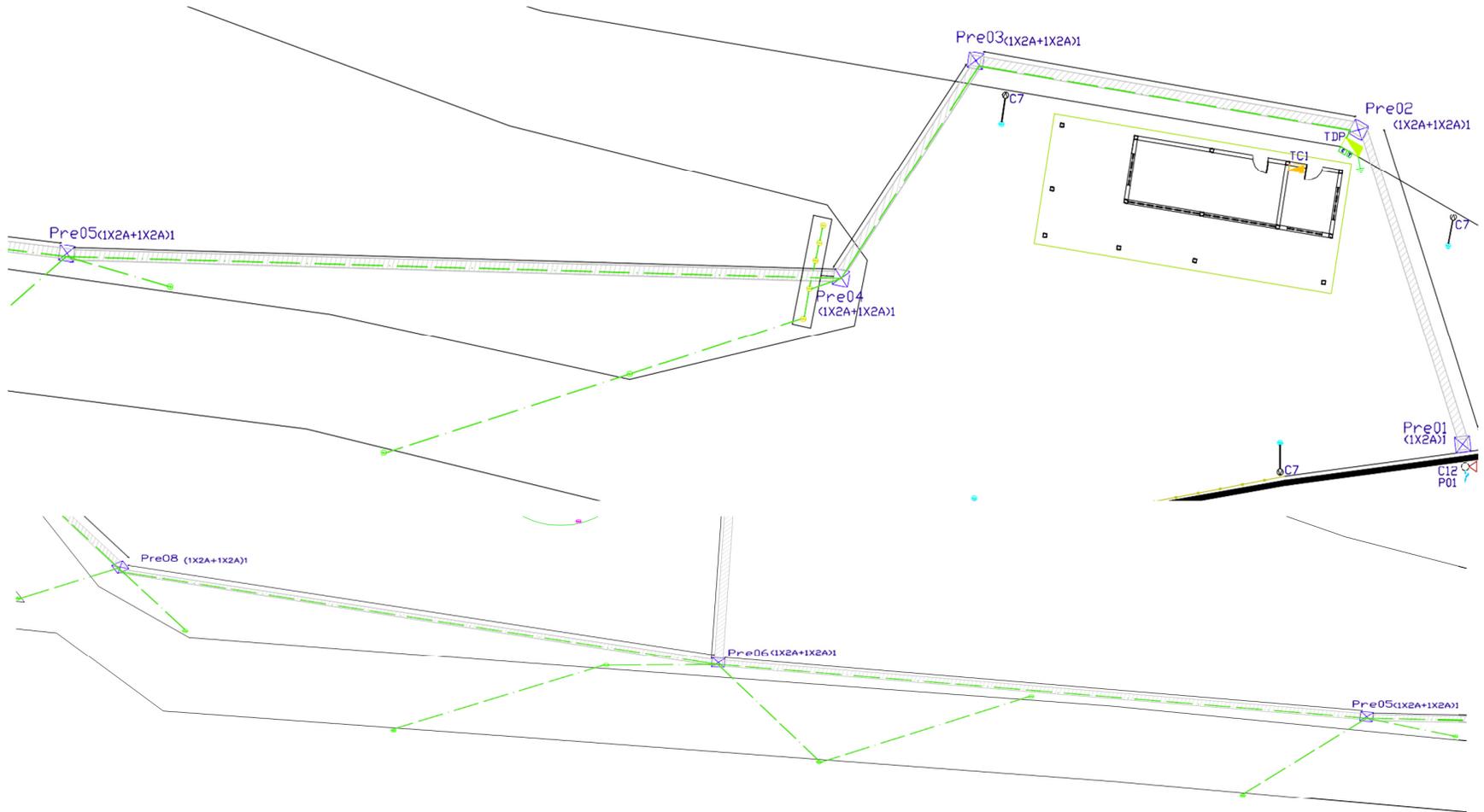








Circuito de iluminación exterior II



Edif

