

INFORME DE ACTIVIDADES No 03 CPS-1005-2025

Periodo: Del 1 de diciembre de 2025 al 31 de diciembre de 2025

No CONTRATO:	CPS-1005-2025
CONTRATANTE:	DEPARTAMENTO DE SUCRE.
CONTRATISTA:	ALVARO ENRIQUE LAGUNA MERCADO.
CEDULA O NIT:	92.512.010.
OBJETO DEL CONTRATO:	LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS PROFESIONALES DE UN INGENIERO ELECTRICO O AFINES CON ESPECIALIZACIÓN PARA BRINDAR ACOMPAÑAMIENTO A LA OFICINA DE MACROPROYECTOS ESTRATEGICOS DE LA GOBERNACIÓN DE SUCRE.
FECHA DE INICIO:	01 DE OCTUBRE DE 2025.
TIEMPO DE EJECUCIÓN:	TRES (3) MESES.
VALOR DEL CONTRATO:	\$15.000.000.
VALOR A CANCELAR:	\$5.000.000.
SALDO DEL CONTRATO:	\$0.00.
No PLANILLA APORTES SS:	9496215434.
DEPENDENCIA:	DIRECCIÓN DE PROYECTOS ESTRATÉGICOS. (Antes oficina de gestión de macroproyectos estratégicos) Dependencia modificada según Decreto No. 0988 de 2025.
SUPERVISOR:	LUISA FERNANDA PÉREZ RODRÍGUEZ

Teniendo en cuenta el periodo a informar a continuación se describen las actividades y gestiones realizadas:

No	OBLIGACIONES ESPECIFICAS	ACTIVIDADES REALIZADAS	EVIDENCIAS
1	Apoyar la formulación y estructuración de proyectos de inversión estratégicos susceptibles a ser financiados con recursos del SGR, recursos propios, convocatoria del Presupuesto General de la Nación (PGN), cooperación internacional y las demás fuentes de recursos gestionadas, que le sean asignados por la entidad para contribuir con el desarrollo económico, social e institucional del Departamento de Sucre.	Se realiza apoyo al componente eléctrico del Proyecto: CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA REGIONAL DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LOS ACUEDUCTOS DE LOS MUNICIPIOS DE COVEÑAS Y SANTIAGO DE TOLÚ EN EL DEPARTAMENTO DE SUCRE.	Archivos en el One Drive.

2	Formular y/o ajustar y/o asesorar el diseño eléctrico del proyecto para el abastecimiento de agua de los sistemas de acueducto de los municipios del Golfo del Morrosquillo del departamento de Sucre bajo esquemas regionales, de tal manera que se presenten los proyectos en FASE III ante entidades de financiación designadas por el departamento. El alcance de la obligación del contratista se realizará de tal manera que el proyecto a presentar cumpla con la inclusión de todos los esquemas, cálculos y modelaciones necesarias para la definición de las obras, precisando parámetros tales como tensiones, potencias, instrumentación y control, Fuentes no Convencionales de Energía Renovables (FNCER) y demás aspectos técnicos que permitan asegurar el desempeño adecuado de los sistemas.	Elaboración de Planos Actualizados de Diseños Eléctricos. Elaboración de Documento con Memorias de Cálculo Actualizadas. Proyecto: CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA REGIONAL DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LOS ACUEDUCTOS DE LOS MUNICIPIOS DE COVEÑAS Y SANTIAGO DE TOLÚ EN EL DEPARTAMENTO DE SUCRE (PLANTA DE CAPTACIÓN).	Anexo 1. Planos Eléctricos Versión 2.0. Anexo 2. Memorias de Cálculo Versión 2.0.
3	Propender por el cumplimiento de la inclusión de todos los esquemas, cálculos y modelaciones necesarias para la definición de las obras, precisando parámetros tales como tensiones, potencias, instrumentación y control, Fuentes no Convencionales de Energía Renovables (FNCER) y demás aspectos técnicos que permitan asegurar el desempeño adecuado de los sistemas.	Informe de visita a predios proyectados para construir las mini granjas solares en Coveñas (Planta de Tratamiento de Agua Potable) y en Lorica (Planta de Captación de Agua). Proyecto: CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA REGIONAL DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LOS ACUEDUCTOS DE LOS MUNICIPIOS DE COVEÑAS Y SANTIAGO DE TOLÚ EN EL DEPARTAMENTO DE SUCRE.	Anexo 3. Informe Levantamiento Línea MT. Anexo 4. Waypoints Linea MT.
4	Propender por el cumplimiento de las normas técnicas y legales del sector de energía de Colombia, de las entidades prestadoras del servicio de energía, de las normas técnicas y legales del sector de agua	Apoyo en la elaboración de las Memorias de Cálculo Mini Granja Solar de 300 KW. Apoyo en la elaboración de Planos Eléctricos Mini Granja Solar de 300 KW.	Anexo 5. MEMORIAS MINI GRANJA SOLAR DG 300 KW VF V2.0_c

	potable y saneamiento básico de Colombia, normas RETIE y RETILAP y de aquellas que soliciten las entidades financieras dónde se radiquen los proyectos.	Proyecto: CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA REGIONAL DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LOS ACUEDUCTOS DE LOS MUNICIPIOS DE COVEÑAS Y SANTIAGO DE TOLÚ EN EL DEPARTAMENTO DE SUCRE (PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE).	Anexo 6. Diseño Mini Granja Solar 300 KW_c. Anexo 7. PLANTA 300KW SIMULACION_c
5	Apoyo en la participación de convocatorias ante las distintas entidades nacionales e internacionales para soportar a las secretarías y entes descentralizados departamentales, municipios, juntas de acción comunal y asociaciones de bases comunitarias con el fin de cumplir con el Plan de Desarrollo y/o fortalecimiento institucional.	No se me asignaron actividades con respecto a esta obligación, para el periodo objeto de este informe.	No aplica.
6	Prestar asesoría y asistencia técnica a las secretarías sectoriales y entidades descentralizadas en materia de formulación de proyectos, cooperación y articulación interinstitucional.	Elaboración de Planos Actualizados de Diseños Eléctricos. Elaboración de Documento con Memorias de Cálculo Actualizadas. Proyecto: CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA REGIONAL DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LOS ACUEDUCTOS DE LOS MUNICIPIOS DE COVEÑAS Y SANTIAGO DE TOLÚ EN EL DEPARTAMENTO DE SUCRE (PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE).	Anexo 8. MEMORIAS DE CALCULO ELECTRICO PTAP V2.1 (0) LOTE REDUCIDO_c. Anexo 9. DISEÑO PTAP VILLEROS LOTE REDUCIDO DIC2025-ACOMETIDAS Y UNIFILAR_c. Anexo 10. DISEÑO PTAP VILLEROS LOTE REDUCIDO DIC2025-TOMAS E ILUMINACION_c.
7	Participar en las reuniones de seguimiento al equipo de formuladores de las dependencias, y entidades descentralizadas de la Gobernación de Sucre.	No se me asignaron actividades con respecto a esta obligación, para el periodo objeto de este informe.	No aplica.
8	Reportar en los tiempos requeridos y en los formatos definitivos la información	No se me asignaron actividades con respecto a esta obligación, para el periodo objeto de este informe.	No aplica.

	solicitada correspondiente a seguimiento, monitoreo, evaluación y control de los proyectos.		
9	Brindar asistencia en la preparación y presentación de análisis técnicos relativos a los proyectos a su cargo, que le requiera el despacho del Jefe de la Oficina de Gestión de Macroproyectos Estratégicos.	Informe sobre la diferencia entre la Disponibilidad de Servicio de la Planta de Captación en Lorica y la Factibilidad del Servicio en la Planta de Tratamiento de Agua Potable en Coveñas. Proyecto: CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA REGIONAL DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LOS ACUEDUCTOS DE LOS MUNICIPIOS DE COVEÑAS Y SANTIAGO DE TOLÚ EN EL DEPARTAMENTO DE SUCRE.	Anexo 11. Oficio sobre disponibilidad y factibilidad PCAP y PTAP 12Dic2025.
10	Apoyar en las actividades de la estrategia "SUCRE ESCUCHA en caso de ser designado.	No se me asignaron actividades con respecto a esta obligación, para el periodo objeto de este informe.	No aplica.
11	Apoyar a la Oficina de Macroproyectos Estratégicos, haciendo parte del comité evaluador (parte técnica), de los procesos de contratación, en caso de ser DESIGNADO.	No se me asignaron actividades con respecto a esta obligación, para el periodo objeto de este informe.	No aplica.
12	Las demás que le asigne el supervisor del contrato y que tengan relación con el objeto contractual.	No se me asignaron actividades con respecto a esta obligación, para el periodo objeto de este informe.	No aplica.



ALVARO ENRIQUE LAGUNA MERCADO
Contratista Dirección de Proyectos Estratégicos
C.C. No. 92.512.010 de Sincelejo

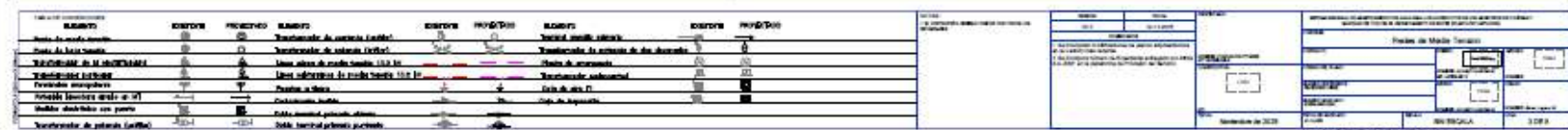
ANEXO 1

PLANTA DE CAPTACIÓN DE AGUA, BARRIO CASCAJAL, SANTA CRUZ DE LORICA



ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR	ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR	ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR
1	Tratamiento de agua potable	m³	100	11	Tratamiento de agua potable	m³	100	21	Tratamiento de agua potable	m³	100
2	Tratamiento de agua potable	m³	100	12	Tratamiento de agua potable	m³	100	22	Tratamiento de agua potable	m³	100
3	Tratamiento de agua potable	m³	100	13	Tratamiento de agua potable	m³	100	23	Tratamiento de agua potable	m³	100
4	Tratamiento de agua potable	m³	100	14	Tratamiento de agua potable	m³	100	24	Tratamiento de agua potable	m³	100
5	Tratamiento de agua potable	m³	100	15	Tratamiento de agua potable	m³	100	25	Tratamiento de agua potable	m³	100
6	Tratamiento de agua potable	m³	100	16	Tratamiento de agua potable	m³	100	26	Tratamiento de agua potable	m³	100
7	Tratamiento de agua potable	m³	100	17	Tratamiento de agua potable	m³	100	27	Tratamiento de agua potable	m³	100
8	Tratamiento de agua potable	m³	100	18	Tratamiento de agua potable	m³	100	28	Tratamiento de agua potable	m³	100
9	Tratamiento de agua potable	m³	100	19	Tratamiento de agua potable	m³	100	29	Tratamiento de agua potable	m³	100
10	Tratamiento de agua potable	m³	100	20	Tratamiento de agua potable	m³	100	30	Tratamiento de agua potable	m³	100

Downloaded from <http://ajphaphysocpharm.sagepub.com/> at 11:06 11 November 2014



ANEXO 2

EXPEDIENTE
P94202025110008

DISEÑO DEL PROYECTO

SISTEMA REGIONAL DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LOS
ACUEDUCTOS DE LOS MUNICIPIOS DE COVEÑAS Y SANTIAGO
DE TOLÚ EN EL DEPARTAMENTO DE SUCRE (PLANTA DE
CAPTACIÓN)

BPIN_2025000020046

PROYECTISTA
ING. ALVARO LAGUNA
MP: AN205-5312

FECHA: 14 DE NOVIEMBRE 2025

MODIFICACIONES RESPECTO A LA EDICIÓN ANTERIOR

Edición.	Modificación.	fecha
V 2.0	Proyecto Específico	14/11/2025

Siglas de Responsables y Fechas de las Ediciones.					
Edición	Objeto e Ed.	Elaborado por:	Fecha Elb.	Revisó:	Fecha Rev.
V 2.0	Proyecto Específico	ING. ALVARO LAGUNA	14/11/2025		

Elaborado Por: ING. ALVARO LAGUNA	Revisado Por:
 FIRMA MP: AN205-5312	 FIRMA M.P.:

INDICE

1 Memoria

1.2 Memoria descriptiva

- 1.1.1 Preambulo
- 1.1.2 Peticionario y Objeto
- 1.1.3 Emplazamiento
- 1.1.4 Descripción de la instalación
 - 1.1.4.1. Circuito (s) Origen de MT
 - 1.1.4.2. Instalación de MT
 - 1.1.4.3. Instalación de BT
 - 1.1.4.4. Instalación CT
 - 1.1.4.5. Equipos de medida

1.2 Cálculos justificativos

- 1.2.1 Cálculos Eléctricos: Regulación y Capacidad
 - 1.2.1.1. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.
 - 1.2.1.2. Análisis del nivel tensión requerido.
 - 1.2.1.3. Cálculos de regulación MT y BT.
 - 1.2.1.4. Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga
 - 1.2.1.5. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.
 - 1.2.1.6. Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.).
 - 1.2.1.7. Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.
- 1.2.2 Cálculos Eléctricos: Cortocircuito, Protecciones y PT
 - 1.2.2.1. Análisis de cortocircuito y falla a tierra.
Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A.
Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los
 - 1.2.2.3. interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la norma IEC 60909, IEEE 242, capítulo 9 o equivalente
 - 1.2.2.4. Calculo de puesta a tierra y estudio de resistividad.
- 1.2.3 Cálculos Eléctricos: Aislamiento, y protección contra Rayos, Riesgo eléctrico.
 - 1.2.3.1. Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.
 - 1.2.3.2. Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.
 - 1.2.3.3. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.
Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que en espacios destinados a
 - 1.2.3.4. actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la Tabla 14.1 del RETIE.
 - 1.2.3.5. Clasificación de áreas.
- 1.2.4 Cálculos mecánicos
 - 1.2.4.1. Datos de la Red
 - 1.2.4.2. Cálculos mecánicos De Conductores
 - 1.2.4.3. Cálculos mecánicos De Postes Autosoportados.
 - 1.2.4.4. Cálculos mecánicos De Postes Con Retenida.
 - 1.2.4.5. Calculo mecánico de cimentaciones y estudio de suelos

INDICE

2. Planos

- 2.1. Plano planta, de situación y emplazamiento.
- 2.2. Planos De Detalle para validar distancias de seguridad.
- 2.3. Diagramas Unifilares.

3. Anexos

- 3.1. Copia de Cédula de Ciudadanía.
- 3.2. Copia de Tarjeta Profesional.
Para proyectos específicos de redes abiertas o subterráneas se debe presentar el
- 3.3. documento de aprobación del diseño del alumbrado público por parte del Municipio y /o Concesión.

1. Memoria

1.1 Memoria descriptiva

Se tienen en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.

1.1.1. Preámbulo

El presente proyecto se ajusta a lo solicitado por el RETIE y a lo especificado en los proyectos tipos de CARIBE MAR DE LA COSTA S.A.S E.S.P. Según aplique:

- ☐ Líneas aéreas de media tensión desnuda.
- ☐ Líneas aéreas de baja tensión.
- ☐ Centro de transformación tipo poste.
- ☐ Líneas aéreas de media tensión forradas.
- ☐ Líneas Subterráneas de Media y Baja Tensión.

1.1.2. Peticionario y Objeto

Cliente/Dueño del proyecto:

NOMBRE COMPLETO DEL CLIENTE/DUEÑO DEL PROYECTO:

SISTEMA REGIONAL DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LOS ACUEDUCTOS DE LOS MUNICIPIOS DE COVENAS Y SANTIAGO DE TOLÚ EN EL DEPARTAMENTO DE SUCRE (PLANTA DE CAPTACIÓN)

CÉDULA/NIT DEL CLIENTE/DUEÑO DEL PROYECTO: 892280021

CORREO ELECTRÓNICO DEL CLIENTE/DUEÑO DEL PROYECTO: _____

macroproyectos@sucre.gov.co

CEL: 320 5110296

Promotor:

NOMBRE COMPLETO DEL PROMOTOR: ING. ALVARO LAGUNA MERCADO.

CÉDULA/NIT DEL PROMOTOR: 92.512.010

DIRECCIÓN DEL PROMOTOR: SINCELEJO - SUCRE

CORREO ELECTRÓNICO DEL PROMOTOR: aelaguna@hotmail.com

TELÉFONO FIJO Y TELÉFONO CELULAR DEL DISEÑADOR: 313 5335514

Diseñador:

NOMBRE COMPLETO DEL DISEÑADOR: ING. ALVARO LAGUNA MERCADO.

CÉDULA/NIT DEL DISEÑADOR: 92.512.010

CORREO ELECTRÓNICO DEL DISEÑADOR: aelaguna@hotmail.com

TELÉFONO FIJO Y TELÉFONO CELULAR DEL DISEÑADOR: 313 5335514

El objeto del presente documento es la obtención de las autorizaciones administrativas de la conexión del proyecto eléctrico a la red operada por CARIBE MAR DE LA COSTA S.A.S E.S.P.

1.1.3. Emplazamiento

En la siguiente tabla se incluye la localización geográfica del proyecto y su categorización según Proyectos Tipo.

Departamento:	CORDOBA
Municipio:	SANTA CRUZ DE LORICA
Localidad:	RIVERA RIO SINÚ
Zona:	B
Área:	RURAL
Contaminación:	CONTAMINACION NORMAL

1.1.4. Descripción de la instalación

1.1.4.1. Circuito(s) Origen de MT: (Circuito propuesto no cuenta con factibilidad vigente al momento de realizar las memorias de este proyecto eléctrico).

1.1.4.2. Instalación de MT:

DESCRIPCION	CARACTERÍSTICA
Tensión nominal de diseño (kV)	13,2
Potencia máxima de transporte (MVA)	0,750
Conductor(es)	3x No. 1/0
N° Circuitos	LORICA
Origen	EPE - 01
Final	EPP - 01
Longitud Red Aérea (km)	0,019
Longitud Red Subterránea (km)	0,115

1.1.4.3. Instalación de BT:

DESCRIPCION	CARACTERÍSTICA
Tensión nominal de diseño (V)	440/254
Conductores	3x3xNo.500 + 4x500 + 1xNo. 350 THWN
Configuración de la línea de B.T	3 FASES + 1 NEUTRO + TIERRA
Número de clientes/Tipo	1
Longitud Red Aérea (km)	
Longitud Red Subterránea (km)	0,035

1.1.4.4. Instalación CT:

DESCRIPCION	UNIDADES	VALOR
Potencia	Kva	750
Sistema	3F	
Aislante	Aceite mineral	
Tensiones	Vp	13200
	Vs	440/254
Tipo de transformador	Tipo pedestal	
Grupo de conexión	P.e: Dyn5	
Temperatura de aceite	°C	65°
Temperatura de devanados	°C	65°
Bil	kV	95
Uz	%	6

1.1.4.5. Equipos de medida (Tener presente RES CREG 038 de 2014):

DESCRIPCION	UNIDADES	VALOR
Tipo de Medida		Indirecta
Tensión de servicio	V	220-127
Corriente de servicio	A	5
Clase de precisión		0,5
Transformadores de Medida		
Relación de transformación (TC's)	A	50/20/5S
Relación de transformación (TP's)	V	13200/v3/120/v3
Tipo		Exterior
Clase de precisión	0,5S	

1.2 Cálculos justificativos**1.2.1. Cálculos Eléctricos: Regulación y Capacidad.**

- 1.2.1.1. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.

Aplica: ☒ X

No aplica: ☐

Justificación:	No aplica el analisis de armonicos ya que la instalación no se ubican cargas de alta incidencia de armónicos y el factor de potencia esta predefinido.
-----------------------	--

- 1.2.1.2. Análisis del nivel tensión requerido.

Aplica: ☒ x

No aplica: ☐

Justificación:	Se realizó analisis de nivel de tensión (ver hoja anexa).
-----------------------	---

- 1.2.1.3. Cálculos de regulación MT y BT.

Aplica: ☒ x

No aplica: ☐

Justificación:	Se realizó análisis de regulación para la alimentación principal y sus derivadas. (ver hoja anexa).
-----------------------	---

- 1.2.1.4. Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga

Aplica: ☒ x

No aplica: ☐

Justificación:	Se realizó calculo de transformador (ver hoja anexa).
-----------------------	---

- 1.2.1.5. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.

Aplica: ☒ x

No aplica: ☐

Justificación:	Se realizó análisis para la alimentación principal y sus derivadas (ver hoja anexa).
-----------------------	--

- 1.2.1.6. Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.).

Aplica: ☒ x

No aplica: ☐

Justificación:	Se realizó análisis para la alimentación principal y sus derivadas (ver hoja anexa).
-----------------------	--

1.2 Cálculos justificativos

- 1.2.1.7. Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.

Aplica: ☒ x

No aplica: ☐

Justificación:	Según el tipo de instalación son cargas resistivas.
-----------------------	---

1.2.2. Cálculos Eléctricos: Cortocircuito, Protecciones y PT.

- 1.2.2.1. Análisis de cortocircuito y falla a tierra.

Aplica: ☒ x

No aplica: ☐

Justificación:	Se realizó análisis en MT y BT (ver hoja anexa).
-----------------------	--

- 1.2.2.2. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A.

Aplica: ☒ x

No aplica: ☐

Justificación:	Se realizó análisis en MT y BT (ver hoja anexa).
-----------------------	--

- 1.2.2.3. Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la norma IEC 60909, IEEE 242, capítulo 9 o equivalente

Aplica: ☒ x

No aplica: ☐

Justificación:	Se realizó análisis en MT y BT (ver hoja anexa).
-----------------------	--

- 1.2.2.4. Cálculo de puesta a tierra y estudio de resistividad.

Aplica: ☒ x

No aplica: ☐

Justificación:	Se realizó cuadro de parámetros y resultados según la norma IEEE80 en el caso de puestas a tierra en mallas y para el caso de varillas análisis especial para validar los requisitos del RETIE.
-----------------------	---

1.2 Cálculos justificativos**1.2.3. Cálculos Eléctricos: Aislamiento, y protección contra Rayos, Riesgo eléctrico.**

1.2.3.1. Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.

Aplica: ☒ x**No aplica:** ☐

Justificación:	Se realizó análisis en MT (ver hoja anexa).
-----------------------	---

1.2.3.2. Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.

Aplica: ☒ x**No aplica:** ☐

Justificación:	Se realizó análisis (ver hoja anexa).
-----------------------	---------------------------------------

1.2.3.3. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.

Aplica: ☒ x**No aplica:** ☐

Justificación:	Se realizó análisis (ver hoja anexa).
-----------------------	---------------------------------------

1.2.3.4. Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la Tabla 14.1 del RETIE.

Aplica: ☐**No aplica:** ☒ x

Justificación:	No hay líneas o subestaciones de tensión superior a 57,5 kV, en zonas donde se tengan en las cercanías edificaciones ya construidas, por lo tanto no se necesita un análisis del campo electromagnético en los lugares donde se vaya a tener la presencia de personas.
-----------------------	--

1.2.3.5. Clasificación de áreas.

Aplica: ☐**No aplica:** ☒ x

Justificación:	Se realizó análisis (ver hoja anexa).
-----------------------	---------------------------------------

1.2.3.6. Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.

Aplica: ☒ X**No aplica:** ☐

Justificación:	Se anexa recomendaciones en planos anexos.
-----------------------	--

1.2 Cálculos justificativos

- Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.

Aplica: ☐

No aplica: ☒ x

Justificación:	No aplica no es necesario.
-----------------------	----------------------------

- Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.

Aplica: ☐

No aplica: ☒ x

Justificación:	No aplica no es necesario.
-----------------------	----------------------------

- Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos.

Aplica: ☐

No aplica: ☒ X

Justificación:	No aplica no es necesario.
-----------------------	----------------------------

- 1.2.3.10. Distancias de seguridad requeridas

Aplica: ☒ X

No aplica: ☐

Justificación:	Se establecen las distancias en hojas anexas
-----------------------	--

1.2.1.1. ANALISIS DE CARGA

Las cargas a usar en este proyecto son:

- Motores electricos
- Cargas de iluminación de baja potencia.
- Tomas de uso general para alimentar equipos de variado uso y de baja potencia.

En este caso las cargas que podrían aportar armónicos en una cantidad importante a la red serían las de iluminación. Las luminarias fluorescentes y balastos electrónicos y con Leds que conforman la iluminación o las debemos considerar como aportante de armónicos.

Si hacemos un análisis de armónicos siguiendo la noma de la IEEE592-92 tenemos que de acuerdo al diagrama de flujo siguiente podemos lograr una aproximación adecuada, en el cuadro siguiente se muestran los limites armónicos según la IEEE592

IEEE519
Limites de la distorsión armónica en corriente en la acometida

I_{cc}/I_L	TDD	$h \leq 11$	$11 \leq h \leq 17$	$17 \leq h \leq 23$	$23 \leq h \leq 35$	$h \geq 35$
$V_n \leq 69 \text{ kV}$						
<20	5.0%	4.0%	2.0%	1.5%	0.6%	0.3%
20-50	8.0%	7.0%	3.5%	2.5%	1.0%	0.5%
50-100	12.0%	10.0%	4.5%	4.0%	1.5%	0.7%
100-1000	15.0%	12.0%	5.5%	5.0%	2.0%	1.0%
>1000	20.0%	15.0%	7.0%	6.0%	2.5%	1.4%

CONCLUSIONES.

Aunque teóricamente no se alcanza a cumplir con la norma, el aporte armónico lo produce una corriente de carga de iluminación fluorescente y por leds y por las cargas de tipo electrónico.

Para tratar el problema de armónicos se toman valores de peso armónico en cada una de las cargas y se valoran en los cuadros de carga (incluido en los planos), lo que conlleva a tener en cuenta las mayores corrientes que se puedan presentar en las redes y por lo tanto se calculan calibres de conductores de acuerdo a estos valores. Es de anotar que este método de cálculo no soluciona el problema de armónicos, aunque sí previene su impacto con el dimensionamiento adecuado de los conductores.

NOTA FINAL: Este proyecto se ha diseñado para una instalación física seca, razón por la cual **NO CONTEMPLA** la posibilidad de que el recinto donde se instalarán las bombas sea afectada por una inundación natural (río Sinú) o artificial (fallas humanas).

1.2.1.1. CUADROS DE CARGA

CUADRO DE CARGAS SEGÚN TIPO DE CARGA INSTALADA				
TIPO DE CARGA	CANT.	CARGA W	FACTOR POTENCIA	TOTAL CARGA VA
CCM MOTORES 460V	1	492.606,18	0,86	572.798
SERVICIOS GENERALES 220V	1	28.000,00	0,90	31.111
TOTAL VA				603.909

1.2.1.2. ANALISIS DEL NIVEL DE TENSION REQUERIDO

Acorde con la normativa de construcción de redes de baja tensión y acometidas de la empresa comercializadora de energía, se establece que para cargas alimentadas, el nivel de tensión en baja tensión (BT) requerida se pueden conectar los equipos directamente a la red.

Para determinar el nivel de tensión de conexión de una carga, se utilizaron caracterizaciones de demanda típicas y se efectuaron flujos de carga sucesivos para los niveles de tensión en media tensión (BT) y según las configuraciones típicas de la red, estableciendo la máxima potencia que puede ser atendida por los circuitos de media tensión del operador de red.

Es de anotar que en estos análisis se verifica que las variables eléctricas estén dentro de los límites de capacidad máxima de corriente y regulación de tensión. Para cargas con potencia demandada mayor a la carga máxima a conectar en nivel de tensión de alta tensión (AT) y extra alta tensión (EAT). Al aplicar la metodología descrita se obtienen resultados para varios escenarios de análisis eléctricos considerando longitudes del alimentador, carga demandada, corriente, pérdidas y regulación de tensión.

Se tienen en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.

El cálculo de pérdidas de energía se justifica en el cálculo de conductores económicos bajo la norma IEC IEC 60287-3-2:1995 (Ver ítem 1.2.1.5).

	Baja Tensión (BT):	X	Los de tensión nominal mayor o igual a 25 V y menor o igual a 1000 V.
	Media tensión (MT):	X	Los de tensión nominal superior a 1000 V e inferior a 57,5 kV.
	Alta tensión (AT):		Tensiones mayores o iguales a 57,5 kV y menores o iguales a 230 kV.
	Extra alta tensión (EAT):		Corresponde a tensiones superiores a 230 kV.
JUSTIFICACION:		SE REQUIERE NIVEL DE TENSION (BT), y (MT), YA QUE EL PROYECTO NECESITA TENSION A 440/254V PARA LOS EQUIPOS Y NIVEL II PORQUE NECESITA LA INSTALACION DE UN TRANSFORMADOR A 13,2KV	

1.2.1.3. CALCULO DE REGULACION EN MEDIA Y BAJA TENSION**1.2.1.3.1 CALCULO REGULACION EN MEDIA TENSION**

	L(km)	# de hilos	Calibre	P (KVA)	M (PxL)	$\Delta U\%$	ΔU Total	$\Delta P \%$	ΔP Total
EPE 01 - EPP 02	0,019	3	1/0	750	14,25	0,00766	0,00766	0,007238279	0,007238279
EPP 02 - CT1	0,115	3	1/0	750	86,25	0,04634	0,05400	0,043810636	0,051048916

RESUMEN REGULACIÓN Y PERDIDAS POR ALIMENTADOR

MAXIMA CAIDA DE TENSIÓN CALCULADA (%)	0,053999
MAXIMA PERDIDA DE POTENCIA CALCULADA (%)	0,051049

1.2.1.3.2 CALCULO DE REGULACION EN BAJA TENSION

1.2.1.3.2 CALCULO DE REGULACION EN BAJA TENSION													Temp. Conductor	75°C	Correc. temp.				36-40		
ACOMETIDA Y/O ALIMENTADOR	Ident.	No. de Fases	Voltaje (V)	Potencia (kW)	F.P CosØ	Fact. de Div.	Long. cto mts	Calib. Fase AWG	No. Cond. Fase	C/te Nom. C. (A)	C/te Factor seguridad	Corrte. Cond. (A)	Tipo conductor	Tipo Conduit	% Reg. Pacial	% Reg. Total	Prot. Cal. (A)	Canal	Calib. Neutro AWG	Calib. Tierra AWG	Perdidas kW
TABLERO GENERAL	TG	3	460		0,86	1	22,00	500 awg	4	0,00	0,00	1383,2	CU	PVC	0,00	-	3x1400	4x4"	4x500 awg	2/0	0
PLANTA ELECTRICA PROYECTADA	PE	3	460	1000,00	1	1	30,00	500 awg	4	1255,15	1568,93	1383,2	Cu	PVC	0,32	0,32	3x1400	200x100	4x500 awg	2/0	3,154537
CENTRO DE CONTROL DE MOTORES	CCM	3	460	738,54	0,9	1	17,00	350 awg	3	1029,97	1287,47	846,3	CU	PVC	0,40	0,40	3x800	200x100	3x350 awg	2/1	2,955502
TABLERO SERVICIOS GENERALES 220V	T-SG	3	220	28,00	0,9	1	17,00	6 awg	1	81,65	102,06	59,15	Cu	PVC	1,84	1,84	3x60	200x100	1x6 awg	4	0,514882

1.2.1.3. CALCULO DE REGULACION EN BAJA TENSION

[illegible]

1.2.1.3. CALCULO DE REGULACION EN BAJA TENSION

1.2.1.3.3 CALCULO DE REGULACION EN BAJA TENSION 220V											Temp. Conductor			75°C		Correc. temp.			36-40	
Tramo	Ident.	No. de Fases	Voltaje (V)	Potencia (kW)	F.P CosØ	Fact. de Div.	Long. cto mts	Calib. Fase AWG	No. Cond. Fase	C/te Nom. C. (A)	C/te Factor seguridad	Corrte. Cond. (A)	Tipo conductor	Tipo Conduit	% Reg. Pacial	% Reg. Total	Prot. Cal. (A)	Canal Tubo pulg.	Calib. Neutro AWG	Calib. Tierra AWG
Tablero Garita	TG1	3	220	3,00	0,86	1	51,00	8 awg	1	9,15	11,44	45,5	Cu	PVC	0,97	0,97	3x40	1x1"		8 awg
Tablero recepcion.	TR1	3	220	3,00	0,86	1	65,00	8 awg	1	9,15	11,44	45,5	Cu	PVC	1,24	1,24	3x40	1x1"		8 awg
Tablero bodegas	TB1	3	220	6,00	0,86	1	90,00	6 awg	1	18,31	22,89	59,15	Cu	PVC	2,20	2,20	3x60	1x1¼"		6 awg
Tablero iluminacion.	TIL1	3	220	6,00	0,86	1	10,00	8 awg	1	18,31	22,89	45,5	Cu	PVC	0,38	0,38	3x40	1x1"		8 awg
Tablero cuarto tecnico (incluye electrobomba)	TCT1	3	220	4,00	0,86	1	10,00	8 awg	1	12,21	15,26	45,5	Cu	PVC	0,25	0,25	3x40	1x1"		8 awg
Tablero alcoba y cocina.	TAC	3	220	6,00	0,86	1	35,00	8 awg	1	18,31	22,89	45,5	Cu	PVC	1,34	1,34	3x40	1x1"		8 awg

1.2.1.4. CALCULO DE TRANSFORMADOR INCLUYENDO LOS EFECTOS DE LOS ARMONICOS Y FACTOR DE POTENCIA EN LA CARGA

1.2.1.4.3. EFECTOS DE ARMÓNICOS Y FACTOR DE POTENCIA.

Se tienen en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.

El cálculo de pérdidas de energía se justifica en el cálculo de conductores económicos bajo la norma IEC IEC 60287-3-2:1995 (Ver ítem 1.2.1.5).

Para nuestro caso tenemos que las cargas son de iluminación de pequeña potencia, motores de arranque directo y tomas de pequeña potencia para alimentar equipos varios.

Estas cargas aportan armónicos en pequeña cantidad a la red y hay que tenerlos en cuenta para el cálculo de la carga total. En la Norma IEEE519-92, se establecen los límites de armónicos que se pueden aportar a un sistema de potencia.

Con esta información y teniendo en cuenta la carga instalada, la corriente de corto circuito de la red y la corriente máxima de la carga, se procede a calcular el porcentaje de aportes de armónicos a la red teniendo en cuenta la tabla 10.3 de la IEEE519-92.

Nivel de tensión: 13200/440/254V

Icc: 1149kV

Carga Instalada: 750 kVA 3F

Fp: 0.9

In de la carga: 984,14 (línea)

Icc/In (Isc/IL) = 0,58

THD: Distorsión Total de Voltaje: 5,0 %, según tabla 1. IEEE519-92

TDD: Distorsión Total demandada: (20<50) 8,0 %, según tabla 1. IEEE519-92

Table 1. IEEE Std 519-1992 Harmonic Voltage Limits

Voltage Distortion Limits		
Bus Voltage at PCC	Individual Voltage Distortion (%)	Total Voltage Distortion THD (%)
Below 69 kV	3.0	5.0
69 kV to 161 kV	1.5	2.5
161 kV and above	1.0	1.5
NOTE: High-voltage systems can have up to 2.0% THD where the cause is an HVDC terminal that will attenuate by the time it is tapped for a user.		

Con los datos anteriores, y con la tabla 2, calculamos el porcentaje de aportes de armónicos a la red, el cual sería menor al 10%. Para nuestro caso tomaremos un porcentaje de distorsión por Armónicos de un 8%, el cual aplicaremos en los cálculos de cargas existentes y futuras.

1.2.1.4. CALCULO DE TRANSFORMADOR INCLUYENDO LOS EFECTOS DE LOS ARMONICOS Y FACTOR DE POTENCIA EN LA CARGA

Table 2. IEEE Std 519-1992 Harmonic Current Limits

**Current Distortion Limits for General Distribution Systems
(120 V Through 69000 V)**

Maximum Harmonic Current Distortion in Percent of I_L						
Individual Harmonic Order (Odd Harmonics)						
I_{sc}/I_L	<11	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
$<20^*$	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
$20 < 50$	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
$50 < 100$	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
$100 < 1000$	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0
Even harmonics are limited to 25% of the odd harmonic limits above.						
Current distortions that result in a dc offset, e.g. half-wave converters, are not allowed.						
* All power generation equipment is limited to these values of current distortion, regardless of actual I_{sc}/I_L .						
Where						
I_{sc}	= maximum short-circuit current at PCC.					
I_L	= maximum demand load current (fundamental frequency component) at PCC.					
TDD	= Total demand distortion (RSS), harmonic current distortion in % of maximum demand load current (15 or 30 min demand).					
PCC	= Point of common coupling.					

Los armónicos, aumentan la corriente del sistema por lo cual hay que dimensionar los conductores teniendo en cuenta este factor al igual que el transformador.

Es importante resaltar que aunque se calcule el aporte de los armónicos a la red, esto no solucionan el problema de los mismos, pero si nos ayuda a determinar el dimensionamiento de los conductores y evitar posibles fallas.

1.2.1.4. CALCULO TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION**El cálculo de pérdidas de energía se justifica en el cálculo de conductores económicos b:**

LOCACIÓN	CANT	CARGA DE EQUIPOS Y TABLEROS	TOTAL CARGA DE ALUMBRADO Y PEQUEÑAS CARGAS (KVA)	FACTOR DE UTILIZACIÓN CARGAS ALUMBRADO Y PEQUEÑAS CARGAS	TOTAL CARGA NETA CALCULADA (KVA)	CARGAS ESPECIALES (KVA)
CCM MOTORES 460V	1	572,80			-	572,80
SERVICIOS GENERALES 220V	1	31,11	31,11	0,90	28,00	
TRANSFORMADOR DE OFICINA - TALLER	1	-	-		-	
TABLERO DE RECEPCION Y ESTERILIZACION	1	-			-	-
TABLERO DE DESFRUTACION Y EXTRACCION	1	-			-	-
TABLERO DE CLARIFICACION	1	-			-	-
TOTAL CARGA		603,91			28,00	

NOTA: SE ESCOGE UN TRANSFORMADOR DE 750 KVA TRIFASICO CON RELACION DE VOLTAJE DE 13.200/460-254 V

ajo la norma IEC IEC 60287-3-2:1995		
CARGAS ESPECIALES CON FACTOR	TOTAL CARGAS ESPECIALES (KVA)	TOTAL CARGA EDIFICIO (KVA)
0,86	492,61	
	-	
	-	
	-	
	-	
	-	
	492,61	520,61

1.2.1.2. DIMENSIONAMIENTO ECONOMICO Y AMBIENTAL DE CONDU**FECHA:** 14 DE NOVIEMBRE 2025**Proyecto:** SISTEMA REGIONAL DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LOS ACUEDUCTOS DE LOS MUNICIPIO DEPARTAMENTO DE SUCRE (PLANTA DE CAPTACIÓN)**Descripción:** Se realiza cálculo de dimensionamiento económico y ambiental de la acometida principal, porque es conductor ma

Se tienen en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.

El cálculo de pérdidas de energía se justifica en el cálculo de conductores económicos bajo la norma IEC IEC 60287-3-2:1995 (

Normas de Referencia: El presente cálculo se realizó con base a los procedimientos indicados en la Norma IEC 60287-3-2:1995

[1] Guía Técnica Colombiana GTC 221 - 2011-11-30

[2] IEC 60287-3-2:1995

[3] Software técnico Procobre - DEAC2011.

Precio Estimado de la Energía Activa: 342 Col\$/kWh**Precio Aprox de la Energía Activa:** 20 Años.**Aumento Anual de costos de energía, sin incluir efectos de la inflación:** 3%.**Precio de la variación de la demanda:** 0 Col\$ / WAño**Tasa de capitalización:** 6%.**Vida económica de la instalación:** 20 Años.**Emisiones de CO2 al momento de la generación por unidad de energía eléctrica (kg-CO2/kWh):** 0,149**Emisiones de CO2 al momento de la producción del cobre por Kilo de cobre kg-CO2/kg-Cu):** 4,09**Horas Diarias promedio de Utilización de la Carga:** 12 Horas, 22 Días al mes, durante 12 meses.**Nota:** El constructor de la instalación debe atender este requerimiento de diseño y no podrá disminuir las especificaciones del cable por el criterio técnico.

El procedimiento generalmente, (selección técnica) utilizado para la escoger la sección del conductor de un cable permite determinar al mínimo el costo de la inversión inicial en el cable. En dicho procedimiento no se tiene en cuenta el costo de las pérdidas que se producen, lo que busca la selección económica del conductor el cual se presenta a continuación.

1.2.1.2. DIMENSIONAMIENTO ECONOMICO Y AMBIENTAL DE CONDU						
Sección Técnica						S
Circuito	Descripcion	Sección Nominal AWG	CT(tec)	CI(tec)	CJ(tec)	Sección Nominal AWG
TABLERO GENERAL	500 awg	253	\$ 2.629.000	\$ 2.629.000	\$ -	THWN350
PLANTA ELECTRICA PROYECTADA	500 awg	253	\$ 64.948.017	\$ 2.629.000	\$ 62.319.017	THWN350
CENTRO DE CONTROL DE MOTORES	350 awg	177	\$ 35.939.142	\$ 1.966.800	\$ 33.972.342	THWN4/0
TABLERO SERVICIOS GENERALES 220V	6 awg	13	\$ 3.211.692	\$ 363.000	\$ 2.848.692	THWN250
Total			\$ 113.954.851	\$ 14.814.800	\$ 99.140.051	

1.2.1.2. DIMENSIONAMIENTO ECONOMICO Y AMBIENTAL DE CONDU						
Sección Técnica						
Circuito	Sistema	Tensión	KVA	N° de Conductores por Fase	I _{max} (Por conductor)	Ahorro de Inversión (\$)
TABLERO GENERAL	3Ø(3Ø-3H y 3Ø-4H)	460	0,00	4	0,00	\$ 2.539.600
PLANTA ELECTRICA PROYECTADA	3Ø(3Ø-3H y 3Ø-4H)	460	1.111,11	4	1255,15	\$ (24.171.060)
CENTRO DE CONTROL DE MOTORES	3Ø(3Ø-3H y 3Ø-4H)	460	820,60	3	140,49	\$ (20.345.157)
TABLERO SERVICIOS GENERALES 220V	3Ø(3Ø-3H y 3Ø-4H)	220	31,11	1	140,49	\$ 125.000
Total						-\$ 41.851.617

Los cálculos dependen de muchas Variables entre las cuales esta (A) "Precio del conductor por unidad de longitud por mm²", Por este motivo firma de ingeniería.

CTORES.
OS DE COVEÑAS Y SANTIAGO DE TOLÚ EN EL
ás representativo en toda la carga.
Ver ítem 1.2.1.5).
5.
onductor, el conductor mínimo a utilizar es el calculado
ninar la sección mínima admisible, con lo cual se reduce se producen durante la vida de servicio del cable que es

CTORES.		
Sección Económica y Ambiental.		
CT(eco)	CI(eco)	CJ(eco)
\$ 89.400	\$ 89.400	\$ -
\$ 89.119.077	\$ 89.400	\$ 89.029.677
\$ 56.284.299	\$ 89.400	\$ 56.194.899
\$ 369.180	\$ 70.300	\$ 298.880
\$ 145.861.956	\$ 338.500	\$ 145.523.456

CTORES.		
HUELLA DE CARBONO		
Tiempo de retorno de la inversión (Años)	Ahorro de Energía (kWh) - Valor Aproximado	Z1-Z2 Ganancia Ambiental (reducción de CO2) (kg-CO2)
0,0	\$ 7.426	0,2
4,5	\$ (70.676)	0,2
4,6	\$ (59.489)	0,0
5,6	\$ 526	0,0
6	-\$ 122.213	\$ 1

o un cálculo puede diferir de otro calculo realizado por otra

1.2.1.6. CALCULO DE CANALIZACIONES - TUBERIAS**1.2.1.6.1. Acometida 6x3xNo. 350 FASES + 2x No. 350 NEUTRO + 1xNo. 1/0 TIERRA Cu THWN**

Ocupacion de ductos							
Cable Monopolar							
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2	
1	350	THW 600 V	3	22,12	384,29	1152,87	
2	350	THW 600 V	1	22,12	384,29	384,29	
3	1/0	THW 600 V	0				
4	12	THW 600 V	0				
5	10	THW 600 V	0				
						Area Total	1537,16 mm2
Tipo de Ducto: Tubo de PVC Rigido, Sch. 40 y tubo de PE-AD							
Diametro: 3 Pulgadas							
						Diametro**	77,3 mm
Diámetro mínimo recomendado 3 "						Area Total	4692,98 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación		32,75%

1.2.1.6. CALCULO DE CANALIZACIONES - TUBERIAS**1.2.1.6.2. Alimentadores 3xNo. 4/0 FASES + 1xNo. 2 TIERRA COBRE THWN**

Ocupacion de ductos							
Cable Monopolar							
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2	
1	4/0	THW 600 V	3	17,46	239,43	718,29	
2	2	THW 600 V	1	10,46	85,93	85,93	
3	10	THW 600 V	0				
4	10	THW 600 V	0				
5	10	THW 600 V	0				
						Area Total	804,22 mm2
Tipo de Ducto: Tubo de PVC Rigido, Sch. 40 y tubo de PE-AD							
Diametro: 2 Pulgadas							
Diámetro mínimo recomendado 2 "						Diametro** 52 mm	
						Area Total	2123,72 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación		37,87%

1.2.1.6. CALCULO DE CANALIZACIONES - TUBERIAS**1.2.1.6.3. Alimentadores 3xNo. 1/0 FASES + 1xNo. 8 TIERRA COBRE THWN**

Ocupacion de ductos							
Cable Monopolar							
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2	
1	1/0	THW 600 V	3	13,51	143,35	430,05	
2	8	THW 600 V	1	5,99	28,18	28,18	
3	8	THW 600 V	0				
4	10	THW 600 V	0				
5	10	THW 600 V	0				
						Area Total	458,23 mm2
Tipo de Ducto: Tuberia Metalica Electrica							
Diametro: 1 1/2 Pulgadas							
Diámetro mínimo recomendado 3 "						Diametro**	40,9 mm
						Area Total	1313,82 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación		34,88%

1.2.1.6. CALCULO DE CANALIZACIONES - TUBERIAS**1.2.1.6.4. Alimentadores 3xNo. 2 FASES + 1xNo. 8 TIERRA COBRE THWN**

Ocupacion de ductos							
Cable Monopolar							
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2	
1	2	THW 600 V	4	10,46	85,93	343,73	
2	8	THW 600 V	1	5,99	28,18	28,18	
3	10	THW 600 V	0				
4	10	THW 600 V	0				
5	10	THW 600 V	0				
						Area Total	371,91 mm2
Tipo de Ducto: Tubo de PVC Rigido, Sch. 40 y tubo de PE-AD							
Diametro: 1 1/4 Pulgadas							
Diámetro mínimo recomendado 1 1/4 "						Diametro** 34,5 mm	
						Area Total	934,82 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación		39,78%

1.2.1.6. CALCULO DE CANALIZACIONES - TUBERIAS**1.2.1.6.5. Alimentadores 3xNo. 2/0 FASES + 1xNo. 2/0 NEUTRO + 1xNo. 8 TIERRA COBRE THWN**

Ocupacion de ductos							
Cable Monopolar							
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2	
1	2/0	THW 600 V	4	14,66	168,79	675,18	
2	8	THW 600 V	1	5,99	28,18	28,18	
3	10	THW 600 V	0				
4	10	THW 600 V	0				
5	10	THW 600 V	0				
						Area Total	703,36 mm2
Tipo de Ducto: Tubo de PVC Rígido, Sch. 40 y tubo de PE-AD							
Diametro: 2 Pulgadas							
Diámetro mínimo recomendado 2 "						Diametro** 52 mm	
						Area Total	2123,72 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación		33,12%

1.2.1.6. CALCULO DE CANALIZACIONES - TUBERIAS**1.2.1.6.6. Alimentadores 3xNo. 250 FASES + 1x No. 2/0 NEUTRO + 1xNo. 6 TIERRA COBRE THWN**

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	250	THW 600 V	3	19,42	296,20	888,61
2	2/0	THW 600 V	1	14,66	168,79	168,79
3	6	THW 600 V	1	7,71	46,69	46,69
4	10	THW 600 V	0			
5	10	THW 600 V	0			
					Area Total	1104,09 mm2
Tipo de Ducto: Tubo de PVC Rigido, Sch. 40 y tubo de PE-AD						
Diametro: 3 Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado					Diametro**	77,3 mm
3 "					Area Total	4692,98 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación	23,53%

1.2.1.6. CALCULO DE CANALIZACIONES - TUBERIAS**1.2.1.6.7. Alimentadores 3xNo. 500 FASES + 1x No. 4/0 NEUTRO + 1xNo. 4 TIERRA COBRE THWN**

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	500	THW 600 V	3	25,52	511,51	1534,52
2	4/0	THW 600 V	1	17,46	239,43	239,43
3	4	THW 600 V	1	8,93	62,63	62,63
4	10	THW 600 V	0			
5	10	THW 600 V	0			
					Area Total	1836,58 mm2
Tipo de Ducto: Tubo de PVC Rigido, Sch. 40 y tubo de PE-AD						
Diametro: 3 Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado 3 "					Diametro**	77,3 mm
					Area Total	4692,98 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación	39,13%

1.2.1.6. CALCULO DE CANALIZACIONES - TUBERIAS**1.2.1.6.8. Alimentadores Cable encauchetado 4x14AWG**

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	4X14AWG	Cable encauchetado	1	9,45	70,14	70,14
2			0			
3			0			
4			0			
5			0			
					Area Total	70,14 mm2
Tipo de Ducto: Tubo Metalico Intermedio IMC						
Diametro: 1/2 Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado 1/2 "					Diametro**	16,8 mm
					Area Total	221,67 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación	31,64%

1.2.1.6. CALCULO DE CANALIZACIONES - TUBERIAS

1.2.1.6.8. Alimentadores Cable encauchetado 4x12AWG

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	4x12AWG	Cable encauchetado	1	10,60	88,25	88,25
2			0			
3			0			
4			0			
5			0			
					Area Total	88,25 mm2
Tipo de Ducto: Tubo Metalico Intermedio IMC						
Diametro: 1/2 Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado 1/2 "					Diametro**	16,8 mm
					Area Total	221,67 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación	39,81%

1.2.1.6. CALCULO DE CANALIZACIONES - TUBERIAS**1.2.1.6.8. Alimentadores Cable encauchetado 4x10AWG**

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	4x10AWG	Cable encauchetado	1	12,88	130,29	130,29
2			0			
3			0			
4			0			
5			0			
					Area Total	130,29 mm2
Tipo de Ducto: Tubo Metalico Intermedio IMC						
Diametro: 3/4 Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado 3/4 "					Diametro**	21,9 mm
					Area Total	376,68 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación	34,59%

1.2.1.6. CALCULO DE CANALIZACIONES - TUBERIAS**1.2.1.6.8. Alimentadores Cable encauchetado 4x8AWG**

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	4x8AWG	Cable encauchetado	1	18,35	264,46	264,46
2			0			
3			0			
4			0			
5			0			
					Area Total	264,46 mm2
Tipo de Ducto: Tubo Metalico Intermedio IMC						
Diametro: 1 1/4 Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado					Diametro**	36,8 mm
1 1/4 "					Area Total	1063,62 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación	24,86%

1.2.1.6.8. Alimentadores Cable encauchetado 4x6AWG

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	4x6AWG	Cable encauchetado	1	21,39	359,34	359,34
2			0			
3			0			
4			0			
5			0			
					Area Total	359,34 mm2
Tipo de Ducto: Tubo Metalico Intermedio IMC						
Diametro: 1 1/4 Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado					Diametro**	36,8 mm
1 1/4 "					Area Total	1063,62 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación	33,79%

1.2.1.6. CALCULO DE CANALIZACIONES - TUBERIAS**1.2.1.6.8. Alimentadores Cable encauchetado 4x4AWG**

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	4x4AWG	Cable encauchetado	1	24,60	475,29	475,29
2			0			
3			0			
4			0			
5			0			
					Area Total	475,29 mm2
Tipo de Ducto: Tubo Metalico Intermedio IMC						
Diametro: 1 1/2 Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado 1 1/2 "					Diametro**	42,7 mm
					Area Total	1432,01 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación	33,19%

1.2.2.1. ANÁLISIS DE CORTOCIRCUITO Y FALLA A TIERRA**1,1 PARÁMETROS DEL TRANSFORMADOR**

Potencia	750,0 kVA	
Tensión	452 V.	
In	958,02 A.	
Impedancia	6 %	Valor sacado de tablas
Pcu	405 W	Valor sacado de tablas
Po	135 W	Valor sacado de tablas
Icc en bornes In/Uz	15967,01 A.	I falla Simetrica
I falla A (Ifs x 1,73)	27622,93 A.	I falla Asimetrica
$R_t = (P_{cu} W) / (3 \times I_n \times I_n) =$	0,000147 Ohms	
$Z_t = (Z\% \times V \times V) / (100 \times P)$	0,016344 Ohms	
$X_t = \sqrt{(Z_t^2 \times Z_t) - (R_t^2 \times R_t)}$	0,016344 Ohms	

1,2 PARÁMETROS DEL ALIMENTADOR HASTA TG

Longitud	22 Mts	
Calibre	500 awg Barra	
L=	0,022000 Km	
R=	0,09122 ohm/Km	Valor sacado de tablas
X=	0,09200 ohm/Km	Valor sacado de tablas
$R_L = (R \text{ ohm/Km})(L \text{ Km}) =$	0,00201 Ohms	
$X_L = (X \text{ ohm/Km})(L \text{ Km}) =$	0,00202 Ohms	

1,3 CORTO CIRCUITO CON BASE EN LAS DOS IMPEDANCIAS

$$Z_{cc} = \sqrt{(R_L + R_t)^2 + (X_L + X_t)^2} = 0,01849 \text{ Ohms}$$

CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO EN BORNES DEL INTERRUPTOR AUTOMÁTICO

$$I_{cc} = V / (Z_{cc}) = \begin{matrix} 24,4 & \text{KA.} \\ 24.441,0 & \text{Amp en BT} \\ 836,9 & \text{Amp en MT} \end{matrix}$$

DIFFERENCIA DE CORRIENTES ENTRE LOS BORNES Y EL PUNTO A : 22,0 Mts

15.130,1 Amp

1.2.2.2. CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTES

1.0 Datos del transformador protocolo o NTC 819

Potencia	750	KVA
Tension primario	13200	V
Tension secundario	452	V
Impedancia Uz	6	%

Instalado en poste

2.0 Calculo de corriente en MT

Corriente nominal del primario	S/V	32,80
Icc Primario	In(prim)/Zcc	546,7

3.0 Calculo de corriente en BT

Corriente nominal del secundario	S/V	958,0
Icc Secundario	In(sec)/Zcc	15967
Icc Secundario referida al primario		546,7

4.0 Curvas de coordinacion

Para el transformador de 750 KVA, se selecciona:

Fusible tipo dual 31 A

Se utiliza en BT un totalizador de 3x850 A

Se presenta la curva característica del fusible MT y la del totalizador BT

4.1 CURVA PROTECCION BT

CURVA 1

Icc	Factor	Corriente	Tiempo (s)	
15967	23,4	683,4	0,008	→ Icc

Referencia 683,4 A Corriente de arranque

4.2 CURVA FUSIBLE MT

CURVA 2

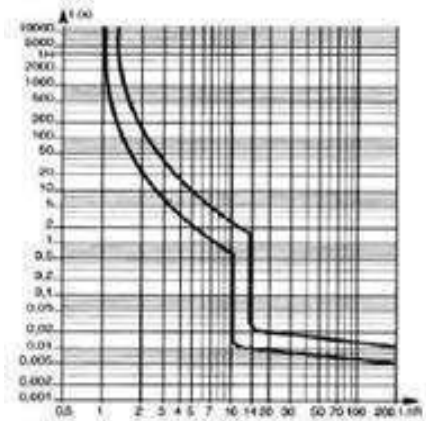
Corriente (A)	Icc * 1,25	Tiempo (s)	
546,7	683,44	0,135	→ Icc

Conclusiones

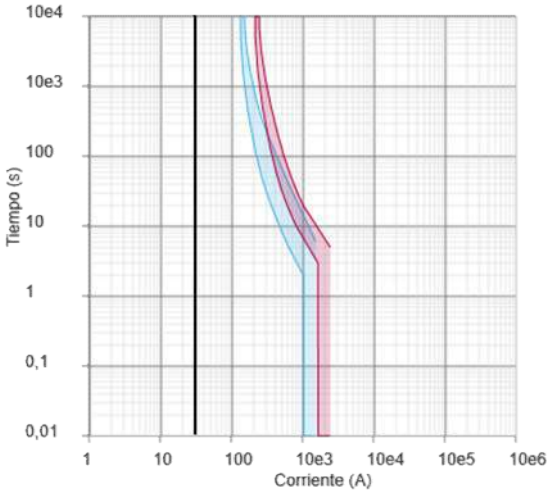
Se garantiza la adecuada coordinación de protecciones el margen de tiempo entre la proteccion de BT y MT es de

127 ms

Curva de Disparo fusible de media tensión



2) COMPORTAMIENTO TERMOMAGNÉTICO DE LAS REFERENCIAS DE INTERRUPTORES MARCA



SELECCIÓN DE LA MARCA DE INTERRUPTORES Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

Como se evidenció en los numerales anteriores; la marca que se seleccionó como referencia desde el diseño para la coordinación de protecciones es schneider; sin embargo en caso de que se utilice otra marca diferente; esta debe presentar características técnicas iguales o superiores y tener un precio en el mercado igual o inferior dicha marca seleccionada para estos cálculos.

Además debe contar con software de coordinación de protecciones para la adecuada selección de referencias y sus respectivas curvas termomagnéticas; con el fin evidenciar de forma gráfica la asertiva selectividad entre las protecciones de los diferentes ramales del sistema; ya que las curvas y especificaciones técnicas varían entre los diferentes fabricantes.

1.2.2.3. VERIFICACION DE CONDUCTORES TIEMPO DISPARO Y POR CORTO CIRCUITO.

En este proyecto se analizan los conductores del alimentador que viene del transformador a el tablero principal de medidores y de el tablero de medidores a tablero de distribución interna en cada apartamento.

La corriente de corto circuito calculada por baja tensión fue de 15,13 kA

1.2.2.3.1. Acometida 6x3xNo. 350 FASES + 2x No. 350 NEUTRO + 1xNo. 1/0 TIERRA Cu THWN

Calculo de Corriente máxima de Corto Circuito			Formula Aplicada
Calibre del Cable:	350mcm		$I_{cc} = A \sqrt{\frac{0,0297 \log \left[\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234} \right]}{t}}$ Donde: <i>I_{cc}</i>: Corriente de Corto Circuito <i>A</i>: Área del Conductor en MCM <i>t</i>: Tiempo de Corto Circuito en seg. <i>T1</i>: Temperatura de operación del cable <i>T2</i>: Temperatura Max. De Corto Circuito Fuente: Okonite
Área:	350000	CMIL	
Frecuencia:	60	Hz	
Duración del Corto C:	5	Ciclos	
	0,08	Seg	
Temp. De Operación:	90	°C	
Temp. Max Corto C:	250	°C	
Corriente de CC:			87,23 kA

1.2.2.3.2. Alimentadores 3xNo. 6 FASES + 1xNo. 6 NEUTRO + 1xNo. 10 TIERRA COBRE THWN

Calculo de Corriente máxima de Corto Circuito			Formula Aplicada
Calibre del Cable:	6		$I_{cc} = A \sqrt{\frac{0,0297 \log \left[\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234} \right]}{t}}$ Donde: <i>I_{cc}</i>: Corriente de Corto Circuito <i>A</i>: Área del Conductor en MCM <i>t</i>: Tiempo de Corto Circuito en seg. <i>T1</i>: Temperatura de operación del cable <i>T2</i>: Temperatura Max. De Corto Circuito Fuente: Okonite
Área:	26240	CMIL	
Frecuencia:	60	Hz	
Duración del Corto C:	5	Ciclos	
	0,08	Seg	
Temp. De Operación:	90	°C	
Temp. Max Corto C:	250	°C	
Corriente de CC:			6,54 kA

1.2.2.3. VERIFICACION DE CONDUCTORES TIEMPO DISPARO Y POR CORTO CIRCUITO.

1.2.2.3.3. Alimentadores 3xNo. 4/0 FASES + 1x No. 4/0 NEUTRO + 1xNo. 8 TIERRA COBRE THWN

Calculo de Corriente máxima de Corto Circuito			Formula Aplicada	
Calibre del Cable:	4/0		$I_{cc} = A \sqrt{\frac{0,0297 \log \left[\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234} \right]}{t}}$	
Área:	211600	CMIL		
Frecuencia:	60	Hz	Donde:	
Duración del Corto C:	5	Ciclos	<i>I_{cc}</i> : Corriente de Corto Circuito <i>A</i> : Área del Conductor en MCM <i>t</i> : Tiempo de Corto Circuito en seg. <i>T1</i> : Temperatura de operación del cable <i>T2</i> : Temperatura Max. De Corto Circuito	
	0,08	Seg		
Temp. De Operación:	90	°C	Fuente: Okonite	
Temp. Max Corto C:	250	°C		
Corriente de CC:	52,74	kA		

1.2.2.3.4. Alimentadores 3xNo. 1/0 FASES + 1xNo. 2 NEUTRO + 1xNo. 8 TIERRA COBRE THWN

Calculo de Corriente máxima de Corto Circuito			Formula Aplicada	
Calibre del Cable:	1/0		$I_{cc} = A \sqrt{\frac{0,0297 \log \left[\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234} \right]}{t}}$	
Área:	105518	CMIL		
Frecuencia:	60	Hz	Donde:	
Duración del Corto C:	5	Ciclos	<i>I_{cc}</i> : Corriente de Corto Circuito <i>A</i> : Área del Conductor en MCM <i>t</i> : Tiempo de Corto Circuito en seg. <i>T1</i> : Temperatura de operación del cable <i>T2</i> : Temperatura Max. De Corto Circuito	
	0,08	Seg		
Temp. De Operación:	90	°C	Fuente: Okonite	
Temp. Max Corto C:	250	°C		
Corriente de CC:	26,30	kA		

1.2.2.3. VERIFICACION DE CONDUCTORES TIEMPO DISPARO Y POR CORTO CIRCUITO.

1.2.2.3.5. Alimentadores 3xNo. 250 FASES + 1xNo. 2 NEUTRO + 1xNo. 4 TIERRA COBRE THWN

Calculo de Corriente máxima de Corto Circuito			Formula Aplicada
Calibre del Cable:	250mcm		$I_{cc} = A \sqrt{\frac{0,0297 \log \left[\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234} \right]}{t}}$ Donde: <i>I_{cc}</i>: Corriente de Corto Circuito <i>A</i>: Área del Conductor en MCM <i>t</i>: Tiempo de Corto Circuito en seg. <i>T1</i>: Temperatura de operación del cable <i>T2</i>: Temperatura Max. De Corto Circuito Fuente: Okonite
Área:	250000	CMIL	
Frecuencia:	60	Hz	
Duración del Corto C:	5 0,08	Ciclos Seg	
Temp. De Operación:	90	°C	
Temp. Max Corto C:	250	°C	
Corriente de CC:			62,31 kA

1.2.2.3.6. Alimentadores 3xNo. 2 FASES + 1x No. 2 NEUTRO + 1xNo. 8 TIERRA COBRE THWN

Calculo de Corriente máxima de Corto Circuito			Formula Aplicada
Calibre del Cable:	2		$I_{cc} = A \sqrt{\frac{0,0297 \log \left[\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234} \right]}{t}}$ Donde: <i>I_{cc}</i>: Corriente de Corto Circuito <i>A</i>: Área del Conductor en MCM <i>t</i>: Tiempo de Corto Circuito en seg. <i>T1</i>: Temperatura de operación del cable <i>T2</i>: Temperatura Max. De Corto Circuito Fuente: Okonite
Área:	66360	CMIL	
Frecuencia:	60	Hz	
Duración del Corto C:	5 0,08	Ciclos Seg	
Temp. De Operación:	90	°C	
Temp. Max Corto C:	250	°C	
Corriente de CC:			16,54 kA

1.2.2.3. VERIFICACION DE CONDUCTORES TIEMPO DISPARO Y POR CORTO CIRCUITO.

1.2.2.3.7. Alimentadores 3xNo. 500 FASES + 1x No. 4/0 NEUTRO + 1xNo. 1/0 TIERRA COBRE THWN

Calculo de Corriente máxima de Corto Circuito			Formula Aplicada
Calibre del Cable:	500mcm		$I_{cc} = A \sqrt{\frac{0,0297 \log \left[\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234} \right]}{t}}$ Donde: I_{cc}: Corriente de Corto Circuito A: Área del Conductor en MCM t: Tiempo de Corto Circuito en seg. T_1: Temperatura de operación del cable T_2: Temperatura Max. De Corto Circuito Fuente: Okonite
Área:	500000	CMIL	
Frecuencia:	60	Hz	
Duración del Corto C:	5 0,08	Ciclos Seg	
Temp. De Operación:	90	°C	
Temp. Max Corto C:	250	°C	
Corriente de CC:			124,62 kA

1.2.2.4. CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA Y ESTUDIO DE RESISTIVIDAD			
DATOS DE LA RED DE TIERRA			
Uso de la red de tierra		Subestaciones de media tension de uso exterior	
Peso de la persona a considerar en la falla (kg)		50	
Resistencia maxima de puesta a tierra R_{max} (Ω)		10	
Resistividad del Terreno ρ (Ω -m)		13,27	
Cte. de falla monof. a tierra en MT I_0 (Amp)		1.149	
Cte. de falla monof. a tierra en BT I (Amp)			
Tiempo de despeje de la falla t_c (s)		0,15	
Material a utilizar con temp. ambiente de 40°C		Cobre duro con soldadura exotermica	
Existe capa superficial?		SI	
Resistividad de la Capa superficial ρ_s (Ω -m)		5.000	
Espesor de la Capa superficial h_s (m)		0,30	
Geometria de la malla		Rectangular	
Ancho Largo	Largo (m)	12,00	
	Ancho (m)	4,00	
	L1 (m)	x	
	L2 (m)	x	
Profund. de enterramiento de la Malla h (m)		0,50	
Area de la Malla A_m (m^2)		48,00	
Perimetro de la Malla L_p (m)		32,00	
Lado de la cuadrícula de la Malla D (cm)		2,0	
Longitud total del conductor horizontal L_T (m)		64	
Numero de electrodos conectados a la malla N		8	
Long. del electrodo de la malla L_v (m)		2,40	
Long. total de los electrodos de malla L_{lv} (m)		19,20	
RESULTADOS DE CALCULOS			
Area minima del conductor a utilizar A_c (mm^2)		4,77	
Calibre del conductor escogido (AWG)		2/0 AWG	
Diametro del conductor escogido d (m)		0,0093	
Tension de contacto tolerable $V_{contacto. Tolerable}$ (V)		2.249	
Tension de paso tolerable $V_{paso tolerable}$ (V)		8.111	
Resistencia de puesta a tierra R_g (Ω)		0,91	
Maximo potencial de tierra GPR (V)		1.781	
Tension de de contacto en caso de falla V_{malla} (V)		200	
Tension de paso en caso de falla V_{paso} (V)		207	
ANALISIS DE RESULTADOS			
Si $GPR < V_{contacto Tolerable}$		OK!!! Su diseño ha sido EXITOSO	
$V_{malla} < V_{contacto Tolerable}$		OK!!! La tension de malla cumple	
$V_{paso} < V_{paso tolerable}$		OK!!! La tension de paso cumple	
$R_g < R_{max}$		OK!!! Su diseño ha sido EXITOSO	

1.2.3.1 ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO.

1. INTRODUCCION.

Las instalaciones eléctricas frecuentemente están sujetos a sobre tensiones que pueden modificar los parámetros o variables del sistema eléctrico, debe existir una coordinación razonable entre las sobretensiones existentes, los aislamientos auto-regenerativos, los aislamientos de los equipos eléctricos y el nivel de respuesta de los descargadores.

Es importante también conocer las pruebas finales de evaluación de los aislamientos de las maquinas, componentes y equipos de media tensión y uso final.

Se tienen en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.

El cálculo de pérdidas de energía se justifica en el cálculo de conductores económicos bajo la norma IEC IEC 60287-3-2:1995 (Ver ítem 1.2.1.5).

2. OBJETO.

Presentar el informe del análisis de coordinación de aislamiento, con el fin especificar los niveles de aislamiento que deben soportar los equipos de protección a instalar en Media tensión y baja tensión, verificando su adecuada coordinación entre los dispositivos del Proyecto: SISTEMA REGIONAL DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LOS ACUEDUCTOS DE LOS MUNICIPIOS DE COVENAS Y SANTIAGO DE TOLÚ EN EL DEPARTAMENTO DE SUCRE (PLANTA DE CAPTACIÓN)

3. NORMATIVIDAD APLICABLE.

Para la evaluación de los niveles de aislamiento y la coordinación de aislamiento de la subestación de media tensión del proyecto SISTEMA REGIONAL DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LOS ACUEDUCTOS DE LOS MUNICIPIOS DE COVENAS Y SANTIAGO DE TOLÚ EN EL DEPARTAMENTO DE SUCRE (PLANTA DE CAPTACIÓN), se siguen los lineamientos de las normas relacionadas:

- ✓ [1] Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE.
- ✓ [2] Norma colombiana NTC 4552-1.
- ✓ [3] IEC 60071-1 Términos, definiciones, principios y reglas.
- ✓ [4] IEC 60071-2 Guía de aplicación.
- ✓ [5] Libro, Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión, Segunda edición, HMV Ingenieros 2003.
- ✓ [6] Ficha técnica de descargadores en Media tensión Marca Celsa, Gamma.

4. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN COODINACION DE AISLAMIENTO.

Para el sistema en media tensión, caso específico de las protecciones contra sobretensiones DPS, comúnmente llamados pararrayos, ubicados en el primario del centro de transformación, el BIL se calcula como sigue:

1.2.3.1 ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO.**4.1 Cálculo de la tensión continua de operación COV.**

$$\text{COV} = U_m / \sqrt{3}$$

De donde:

U_m : Tensión máxima de operación del sistema.

U_{RMS} : Tensión nominal entre fases.

$$U_m = U_{RMS} \times 1,1 = 13,2 \text{ kV} \times 1,1 = 14,52 \text{ kV}$$

Entonces el COV es:

$$\text{COV} = 14.52 \text{ kV} / \sqrt{3} = 8.38 \text{ KV.}$$

De la tabla especificaciones técnicas de DPS marca Celsa, el cual está conectado del lado primario del transformador, se selecciona un DPS con el valor superior del COV, el cual es de 8,4 kV, que es el más cercano y superior al calculado y comercialmente distribuido.

4.2 Cálculo y verificación de la sobretensión temporal TOV.

$$\text{TOV} = K_e \times \text{COV}$$

Para un sistema sólidamente aterrizado

$$K_e = 1,4$$

Se calcula el TOV de la siguiente forma:

$$\text{TOV} = 1.4 \times 8.38 \text{ KV} = 11.73 \text{ kV}$$

Del DPS anteriormente seleccionado se verifica que el TOV sea mayor al calculado, el cual es 11.88 kV, para un tiempo de duración de 1,0 s.

4.3 Característica del DPS a instalar.

De la tabla característica del DPS en media tension marca Celsa Ref: 12KV - 10KA, se obtienen los valores de.

1.2.3.1 ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO.

NPR: Nivel de protección para impulso atmosférico, y NPM: Nivel de protección para impulso de maniobra.

Con un **COV = 8,4 kV** y **TOV = 11.84kV** el **NPR = 43.3 kV** para una tensión de impulso de tiempo de frente **8/20µs a 40kAmp**

El nivel básico de aislamiento según IEC 60071-1, la tensión de soportabilidad normalizada al impulso tipo rayo debe ser mayor o igual a 40kV.

El BIL se calcula con un factor de seguridad **Ke** que relaciona el NPR y el BIL.

Para sistemas con tensión nominal inferior a 52 KV, se establece que $Ke=1.4$ entonces el BIL calculado es

$$\text{BIL} = 1.4 \times 43.3 \text{ kV} = 60.62 \text{ KV}$$

Para la caja cortacircuito el BIL es de 110 kV.

Para el transformador de potencia el Nivel Básico de Aislamiento calculado BIL, es menor al BIL normalizado para los transformadores de distribución tipo poste sumergidos en aceite (como el que instalará en el proyecto SISTEMA REGIONAL DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LOS ACUEDUCTOS DE LOS MUNICIPIOS DE COVENAS Y SANTIAGO DE TOLÚ EN EL DEPARTAMENTO DE SUCRE (PLANTA DE CAPTACIÓN)) que es de 90kV, el cual garantiza en su implementación una protección adecuada para el centro de transformación.

En baja tensión, el **BIL** se especifica para los equipos correspondientes al usuario y están normalizados en la norma NTC 4552-1 literal E.5 Información general relacionada con DPS, en la tabla E.3 "tensión al impulso que deben soportar los equipos"

Nivel de tensión de operación de los equipos V	BIL requerido en (kV)			
	Contadores	Tableros, interruptores, cables, etc.	Electrodomésticos, herramientas portátiles	Equipo electrónico
	Categoría IV	Categoría III	Categoría II	Categoría I
120 – 240 ; 120 / 208	4	2,5	1,5	0,8
254 / 440 ; 277 / 480	6	4	2,5	1,5

Tabla E.3. Tensión al impulso que deben soportar los equipos NTC 4152-1

En esta tabla E3 se especifica, por ejemplo, para:

1.2.3.1 ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO.

➤ Tableros, interruptores y cables CAT IV BIL 4kV para contadores y CAT III: BIL=2.5 kV para sistemas de hasta 240V de operación. (DPS Tipo 1 y tipo 2).

El DPS seleccionado es el Marca APT de tipo 1, el cual es testado a una tensión de 6kV, 220/127V trifasico y cumple la norma UL1449 3ra Ed, ref: TE-01-XCS-01 a 100kAmp.

Si se cambian los equipos seleccionados, deben cumplir las especificaciones indicadas, de lo contrario el diseñador no se hace responsable.

1.2.3.3 ANALISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELECTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLO

En Retie en el Capítulo 1, Artículo N°5.1, se encuentra la Matriz de Análisis de Riesgo, la que sirve para evaluar el nivel del riesgo de tipo eléctrico y se plantean las medidas para mitigarlos.

Para hacer uso de la matriz de riesgo, se hace necesario definir que es:

Se

Riesgo: Probabilidad de que, en una actividad, se produzca una pérdida determinada, en un tiempo dado.

Contacto eléctrico: es la acción de cerrar un circuito eléctrico al unirse dos elementos.

Contacto eléctrico directo: al contacto de personas o animales con conductores activos de una instalación eléctrica

Riesgo eléctrico: Es el originado por la energía eléctrica. Dentro de este tipo de riesgo se incluyen los siguientes:

- Choque eléctrico por contacto con elementos en tensión (contacto eléctrico directo), o con masas puestas accidentalmente en tensión (contacto eléctrico indirecto).
- Quemaduras por choque eléctrico, o por arco eléctrico.
- Caídas o golpes como consecuencia de choque o arco eléctrico.
- Incendios o explosiones originados por la electricidad

Trabajador calificado: Trabajador autorizado que posee conocimientos especializados en materia de instalaciones eléctricas, debido a su formación acreditada, profesional o universitaria, o a su experiencia

Tipos De Accidentes Eléctricos. (Solo se especifican algunos).

Accidente con circulación de corriente a través del organismo

- Contacto con un conductor energizado.
- Puente entre dos conductores energizados y de distinta fase.
- Contacto con partes metálicas del receptor que están energizadas.

Accidente sin circulación de corriente a través del organismo

- Quemaduras directas por proyección de metal fundido
- Quemaduras provocadas por la radiación de arcos eléctricos potentes

Accidente por choque eléctrico.

- Paralización del sistema respiratorio.
- Alteración del ritmo cardíaco.
- Tensión muscular
- Pérdida de la vida.

1.2.3.3 ANALISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELECTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLO

Ejemplo general de análisis con matriz de riesgo con la cual se realiza cada uno de los análisis de riesgos.

RIESGO A EVALUAR:		Quemaduras y Electrocutcion		Por		Rayos		(al) o (en)		Sistema de puesta a tierra	
EVENTO O EFECTO						FACTOR DE RIESGO				FUENTE	
POTENCIAL		☒	REAL			☐	FRECUENCIA				
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la Empresa	N i v e l	E	D	C	B	A	
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertos E5	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1dia)	Daños severos, Interrupción breve	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves No Interrupción.	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

RIESGO A EVALUAR:		Quemaduras y Electrocutcion		Por		Arcos electricos		(al) o (en)		Red secundaria 220-127V	
		EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO						FUENTE	
POTENCIAL		X	REAL			FRECUENCIA					
					N i v e l	E	D	C	B	A	
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la Empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertos	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1dia)	Daños severos, Interrupción breve	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves No Interrupción.	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

1.2.3.3 ANALISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELECTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLO

1.2.3.3 ANALISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELECTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLO

RIESGO A EVALUAR:		Quemaduras y Electrocucion		Por		Contacto directo		(al) o (en)		Red secundaria 220-127V	
EVENTO O EFECTO						FACTOR DE RIESGO				FUENTE	
POTENCIAL		X	REAL			FRECUENCIA					
					N i v e l	E	D	C	B	A	
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la Empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertos E5	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente E4	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos, Interrupción breve	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia fiuncional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves No Interrupción.	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

RIESGO A EVALUAR:		Quemaduras		Por		Cortacircuitos		(al) o (en)		Red secundaria 220-127V	
		EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO				FUENTE	
POTENCIAL		X	REAL			FRECUENCIA					
					N i v e l	E	D	C	B	A	
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la Empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertos E5	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente E4	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1día)	Daños severos, Interrupción breve	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves No Interrupción.	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

1.2.3.3 ANALISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELECTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLO

RIESGO A EVALUAR:		Electrocución		Por		Tensión de contacto		(al) o (en)		Conductores y equipos	
		EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO				FUENTE	
POTENCIAL		☒	REAL		☐	FRECUENCIA					
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la Empresa	N i v e l	E	D	C	B	A	
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertos	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos, Interrupción breve	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad) E2	Daños importantes. Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia fiuncional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves No Interrupción.	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

RIESGO A EVALUAR:		Incendio		Por		Sobrecarga		(al) o (en)		Conductores, equipos y/o red secundaria	
		EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO						FUENTE	
POTENCIAL		X	REAL			FRECUENCIA					
					N i v e l	E	D	C	B	A	
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la Empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertos	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos, Interrupción breve	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia fiuncional (afecta rendimiento laboral) E1	Daños leves No Interrupción.	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

1.2.3.3 ANALISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELECTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLO

RIESGO A EVALUAR:		Electrocución		Por		Electricidad estatica		(al) o (en)		Ambiente o manipulación de equipos	
		EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO				FUENTE	
		POTENCIAL	☒	REAL	☐	FRECUENCIA					
					N i v e l	E	D	C	B	A	
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la Empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertos	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1día)	Daños severos, Interrupción breve	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad) E2	Daños importantes. Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia fiuncional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves No Interrupción.	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

RIESGO A EVALUAR:		Electrocución		Por		Tensión de paso		(al) o (en)		Conductores y equipos	
EVENTO O EFECTO						FACTOR DE RIESGO				FUENTE	
POTENCIAL		X	REAL			FRECUENCIA					
					N i v e l	E	D	C	B	A	
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la Empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertos	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1día)	Daños severos, Interrupción breve	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad) E2	Daños importantes. Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves No Interrupción.	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

1.2.3.3 ANALISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELECTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLO

RIESGO A EVALUAR:		Quemaduras y Electrocutación		Por		Equipo defectuoso		(al) o (en)		Ambiente o manipulación de equipos	
EVENTO O EFECTO						FACTOR DE RIESGO				FUENTE	
POTENCIAL		X	REAL			FRECUENCIA					
						E	D	C	B	A	
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la Empresa	N i v e l	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertos	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1día)	Daños severos, Interrupción breve	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves No Interrupción.	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

RIESGO A EVALUAR:		Quemaduras y Electrocutación		Por		Contacto directo		(al) o (en)		Tablero de baja tensión	
		EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO				FUENTE	
POTENCIAL		X	REAL			FRECUENCIA					
						E	D	C	B	A	
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la Empresa	N i v e l	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertos E5	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente E4	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1día)	Daños severos, Interrupción breve	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves No Interrupción.	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

1.2.3.3 ANALISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELECTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLO

RIESGO A EVALUAR:		Quemaduras		Por		Cortacircuitos		(al) o (en)		Tablero de baja tensión	
		EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO						FUENTE	
POTENCIAL		☒	REAL		☐	FRECUENCIA					
					N i v e l	E	D	C	B	A	
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la Empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertos E5	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente E4	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos, Interrupción breve	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves No Interrupción.	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

RIESGO A EVALUAR:		Electrocución		Por		Electricidad estatica		(al) o (en)		Superficies metálicas	
EVENTO O EFECTO						FACTOR DE RIESGO				FUENTE	
POTENCIAL		X	REAL			FRECUENCIA					
					N i v e l	E	D	C	B	A	
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la Empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertos	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1día)	Daños severos, Interrupción breve	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad) E2	Daños importantes. Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves No Interrupción.	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

1.2.3.3 ANALISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELECTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLO

RIESGO A EVALUAR:		Perdida y graves daños en bienes			Por	Rayos			(al) o (en)	Servicio de energia
		EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO				FUENTE
POTENCIAL	☒	REAL ☐				FRECUENCIA				
					N i v e l	E	D	C	B	A
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la Empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
CONSECUENCIAS	Una o más muertos E5	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos, Interrupción breve	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves No Interrupción.	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

RIESGO A EVALUAR:		Incendio			Por	Sobrecarga			(al) o (en)	Circuitos ramales
		EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO				FUENTE
POTENCIAL	☒	REAL ☐				FRECUENCIA				
					N i v e l	E	D	C	B	A
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la Empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
CONSECUENCIAS	Una o más muertos	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos, Interrupción breve	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral) E1	Daños leves No Interrupción.	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

1.2.3.3 ANALISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELECTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLO

1.2.3.3 ANALISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELECTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLO

RIESGO A EVALUAR:		Electrocución		Por		Tensión de paso		(al) o (en)		Subestación	
		EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO				FUENTE	
POTENCIAL		☒	REAL		☐	FRECUENCIA					
						E	D	C	B	A	
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la Empresa	N i v e l	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertos	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1día)	Daños severos, Interrupción breve	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad) E2	Daños importantes. Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves No Interrupción.	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

Los conceptos evaluativos se han plasmado en la siguiente tabla, que define también la forma como se valoran las actividades de riesgos.

RIESGO	VALORACION	NIVEL	MEDIDAS DE MITIGACION
Tensión de paso de contacto transferidas	Gravedad moderada y freq. Ocasional	Medio	Sistema de puesta a tierra
Choque eléctrico por contacto de partes energizadas	Gravedad moderada y freq. Ocasional	Alto	Señalización, equipo de protección personal, protecciones electricas diferenciales, conservar distancias de seguridad. Cumplir las 5 reglas de
Choque eléctrico por descargas atmosfericas	Gravedad severa ocasional y posible	Alto	Precaución al trabajar con mal tiempo
Incendio por cortacircuito o sobrecarga	Gravedad severa frecuente remota y	Medio	Coordinación de protecciones, mantenimiento periodico
Lesiones osteomusculares, magulladuras, heridas ocasionadas por manejo de herramientas	Gravedad moderada y freq. Ocasional	Medio	Uso de elementos de protección personal, supervisión y pausas activas
Incidentes por vehiculos en vía pública anexa	Gravedad moderada y freq. Ocasional	Medio	Demarcación del area de trabajo y supervisión.

1.2.3.4. CÁLCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS PARA ASEGURAR QUE EN ESPACIOS DESTINADOS A ACTIVIDADES RUTINARIAS DE LAS PERSONAS, NO SE SUPEREN LOS LÍMITES DE EXPOSICIÓN DEFINIDOS EN LA TABLA 14.1 DEL RETIE.

El Reglamento de RETIE en el Capítulo 2, Artículo 14, define requisitos para intensidad de campo eléctrico y densidad de flujo magnético para las zonas donde pueda permanecer público, basado en criterios de la institución internacional ICNIRP, la cual es una comisión perteneciente a la Internacional Radiation Protection Association (IRPA) para la protección de la población y el medio ambiente frente a las radiaciones no-ionizantes y, en particular, proporciona guías y recomendaciones para evitar la exposición a dichas radiaciones, teniendo en cuenta la actividad del individuo, si se trata de una exposición Ocupacional o si es Público en general.

1) CALCULO DEL CAMPO ELECTRICO INDUCIDO:

El campo eléctrico es producido por la presencia de cargas eléctricas estáticas o en movimiento en un medio cercano al receptor.

La fórmula para el cálculo de la Intensidad del Campo Eléctrico inducido está dada por:

$$E = 1/(4\pi\epsilon)(Q/r^2) \cdot U \quad [V/m]$$

donde:

$$\epsilon = \epsilon_r \cdot \epsilon_0$$

ϵ_0	Constante de permitividad eléctrica en el vacío = $8.987552 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$
ϵ_r	Permitividad relativa del medio = $1.00058986 \cdot 10^0 \text{ Adm}$
E :	Permitividad Absoluta
U :	Tensión de la línea a tierra = 7620 V
Q :	Carga eléctrica emisora = $6.24 \cdot 10^{15} \text{ Unid. Electronicas}$
r :	Distancia del emisor al receptor en cm = 720 cm

Para el caso de la línea de Media Tensión que estamos analizando, tenemos:

$$E = (1/(4\pi \cdot 3,1416 \cdot 1.00058986 \cdot 10^9 \cdot 8.987552 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2})) \cdot (6.24 \cdot 10^{15} \text{ e}/(7.2^2 \cdot 10^2 \text{ cm}^2)) \cdot 7620 \text{ V} \quad [V/m]$$

$$E = 47548,83 \cdot 10^2 / 6704,75 \quad [V/m]$$

E =	709,18	[V/m]
-----	--------	-------

Por tanto: E =	0,71 KV/m
----------------	-----------

En este caso se trata de una exposición del público en general hasta 8 horas continuas.

Según el Reglamento del RETIE, en el Artículo 14.4 del Capítulo 2, se especifica que el Campo Eléctrico inducido no debe ser superior a **4,16 KV/m**.

En conclusión ***Sí cumple con la norma del Campo Eléctrico inducido, indicado en el Retie.***

2) CALCULO DEL CAMPO MAGNETICO INDUCIDO:

El campo magnético es producido por la presencia de cargas magnéticas en movimiento en el medio cercano al receptor.

La fórmula para el cálculo de la Intensidad del Campo Magnético inducido está dada por:

$$B = (\mu/(2 \cdot \pi)) \cdot (I/d) \quad [T]$$

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

Donde:

B :	Densidad de flujo magnética	[T]
μ_0 :	Permitividad magnética del vacío = $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T m A}^{-1}$	[TmA ⁻¹]
μ_r :	Permitividad magnética del aire	Adim
μ :	Permitividad magnética absoluta	[TmA ⁻¹]
I :	Intensidad de la corriente eléctrica de MT= 1,136363 Amp	[Amp]
d :	Distancia del emisor al receptor = 7,2 mt	

Para fines prácticos hacemos $\mu_r = \mu_0$, dado que la permitividad magnética del vacío es muy cercana a la del aire.

Para el caso de la línea de Media Tensión que estamos analizando, tenemos:

$$B = (\mu/(2 \cdot \pi)) \cdot (I/d) = (4\pi \cdot 10^{-7} / (2 \cdot 3,1416)) \cdot (1,136363 / 7,2) \quad [T]$$

B =	3,16 · 10 ⁻⁷	[T]
B =	0,32	[μT]

Por tanto: B =	0,32 μT
----------------	---------

En este caso se trata de una exposición del público en general hasta 8 horas continuas.

Según el Reglamento del RETIE, en el Artículo 14.4 del Capítulo 2, se especifica que el Campo Magnético inducido no debe ser superior a 200 microTeslas.

En conclusión ***Sí cumple con la norma del Campo Magnético inducido, indicado en el Retie.***

1.2.3.5 CLASIFICACION DE AREAS					
La clasificación de áreas es un metodo de analisis que se palica al medio ambiente donde pueden existir gases, nieblas o vapores inflamables, fibras o polvos, con el fin de establecer las precauciones especiales que se deben considerar para la construcción, instalación o uso de materiales y equipos electricos. En instalaciones donde exista una alta probabilidad de presencia de una atmosfera explosiva se deberan utilizar equpos electricos con una muy baja probabilidad de crear una fuente de ignición. En consecuencia, la clasificación de las areas según su clase es:					
	NO APLICA	X	No esta expluesta a ningún tipo de gases que puedan causar alguna explosión.		
Según la IEC	ZONA 0:		Abarca áreas, en las cuales exista la presencia de una atmósfera de gas explosivo de manera permanente o por períodos prolongados.		
	ZONA 1:		Abarca áreas, en las cuales se puede esperar que exista la presencia de una atmósfera de gas explosivo de manera ocasional o poco frecuente.		
	ZONA 2:		Abarca áreas, en las cuales sólo puede esperarse la presencia de una atmósfera de gas explosivo de manera muy poco frecuente de atmósfera explosiva constituida por una mezcla de aire con sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla o y si ella se genera, existirá por períodos breves únicamente.		
Según la NFPA	CLASE I:		Gases, vapores y líquidos inflamables. (A Acetileno, B Hidrogeno, C Etileno y D Propano.)		
	CLASE II:		Polvos combustibles. (E Metales, F Carbón y G granos orgánicos.)		
	CLASE III:		Fibras y partículas combustibles. (no hay clasificación por grupos.)		
	La Divisiones hace referencia a la frecuencia que en un sitio puede estar presente en el aire gases o vapores inflamables	División 1:		Condiciones normales de Operación o de Mantenimiento	
		División 2:		Operación anormal, o lugar adyacente a División 1.	
JUSTIFICACION:					

1.2.3.10. DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD EN REDES DE MT Y TABLEROS DE BT

Se debe cumplir con las siguientes tablas, según el nivel de tensión del diseño.

1.2.3.10.1. Distancias en media tensión.

DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD EN ZONAS CON CONSTRUCCIONES		
Descripción	Tensión nominal entre fases (kV)	Distancia (m)
Distancia vertical "a" sobre techos y proyecciones, aplicable solamente a zonas de muy difícil acceso a personas y siempre que el propietario o tenedor de la instalación eléctrica tenga absoluto control tanto de la instalación como de la edificación (Figura 13.1).	44/34,5/33	3,8
	13,8/13,2/11,4/7,6	3,8
	<1	0,45
Distancia horizontal "b" a muros, balcones, salientes, ventanas y diferentes áreas independientemente de la facilidad de accesibilidad de personas. (Figura 13.1)	66/57,5	2,5
	44/34,5/33	2,3
	13,8/13,2/11,4/7,6	2,3
	<1	1,7
Distancia vertical "c" sobre o debajo de balcones o techos de fácil acceso a personas, y sobre techos accesibles a vehículos de máximo 2,45 m de altura. (Figura 13.1)	44/34,5/33	4,1
	13,8/13,2/11,4/7,6	4,1
	<1	3,5
Distancia vertical "d" a carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular. (Figura 13.1) para vehículos de más de 2,45 m de altura.	115/110	6,1
	66/57,5	5,8
	44/34,5/33	5,6
	13,8/13,2/11,4/7,6	5,6
	<1	5

DISTANCIAS EN METROS										
Tensión nominal (kV) entre fases de la línea superior	500	4,8	4,2	4,2	4,2	4,3	4,3	4,6	5,3	7,1
	230/220	3,0	2,4	2,4	2,4	2,5	2,6	2,9	3,6	
	115/110	2,3	1,7	1,7	1,7	1,8	1,9	2,2		
	66	2,0	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5			
	57,5	1,9	1,3	1,3	1,3	1,4				
	44/34,5/33	1,8	1,2	1,2	1,3					
	13,8/13,2/11,4/7,6	1,8	1,2	0,6						
	<1	1,2	0,6							
	Comunicaciones	0,6								
Tensión nominal (kV) entre fases de la línea inferior										
Comunicación		<1	13,8/13,2/11,4/7,6	44/34,5/33	57,5	66	115/110	230/220	500	

Tabla 13.3. Distancias verticales mínimas en vanos con líneas de diferentes tensiones

CLASE DE CIRCUITO Y TENSIÓN ENTRE LOS CONDUCTORES CONSIDERADOS	DISTANCIAS HORIZONTALES DE SEGURIDAD (cm)
Conductores de comunicación expuestos	15 ⁽¹⁾ 7,5 ⁽²⁾
Alimentadores de vías férreas 0 a 750 V (4/0 AWG o mayor calibre). 0 a 750 V (calibre menor de 4/0 AWG). Entre 750 V y 8,7 kV.	15 30 30
Conductores de suministro del mismo circuito. 0 a 8,7 kV Entre 8,7 y 50 kV Más de 50 kV	30 30 más 1 cm por kV sobre 8,7 kV Debe atender normas internacionales
Conductores de suministro de diferente circuito ⁽³⁾ 0 a 8,7 kV Entre 8,7 y 50 kV Entre 50 kV y 814 kV	30 30 más 1 cm por kV sobre 8,7 kV 71,5 más 1 cm por kV sobre 50 kV

Tabla 13.4. Distancia horizontal entre conductores soportados en la misma estructura de apoyo

1.2.3.10. DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD EN REDES DE MT Y TABLEROS DE BT

		CONDUCTORES A MAYOR ALTURA	
		CONDUCTORES DE SUMINISTRO A LA INTemperie (Tensión en kV)	
		HASTA 1 kV	ENTRE 7,6 Y 66 kV
CONDUCTORES A MENOR ALTURA	Conductores y cables de comunicación, localizados en el apoyo de empresa de energía, o de empresas comunicaciones.	0,4	0,4 más 0,01 m por kV sobre 7,6 kV.
	Conductores de suministro eléctrico a la intemperie	Hasta 1 kV	0,4 más 0,01 m por kV sobre 7,6 kV
		Entre 1 kV y 7,6 kV	No permitido
		Entre 11,4 kV y 34,5 kV	No permitido
		Entre 44 kV y 66 kV	No permitido

Tabla 13.5. Distancia vertical mínima en metros entre conductores sobre la misma estructura**1.2.3.10.2. Distancias en Baja tensión.**

En este proyecto las distancias de seguridad básicamente se refieren a la los espacios de trabajo para el tablero de distribución del apartamento y en este caso sería dejar espacio libre al frente del tablero de distribución evitar que instalen equipos o se pongan elementos como muebles al frente del tablero y bloqueen el acceso a este.

El espacio de trabajo está definido en el artículo 110-16 de la NTC 2050

110-16. Espacio alrededor de los equipos eléctricos (para 600 V nominales o menos). Alrededor de Todos los equipos eléctricos deben existir y se debe mantener un espacio de acceso y de trabajo suficiente que permita el funcionamiento y el mantenimiento fácil y seguro de dichos equipos.

a) Espacio de trabajo. Excepto si se exige o se permite otra cosa en este código, la medida del espacio De trabajo para equipos que funcionen a 600 V nominales o menos a tierra y que pueden requerir examen, ajuste, servicio o mantenimiento mientras están energizados, debe cumplir con:

1) Profundidad del espacio de trabajo: la profundidad del espacio de trabajo en la dirección del acceso hacia las partes energizadas no debe ser inferior a la indicada en la Tabla 110-16.a). Las distancias se deben medir desde las partes energizadas, si están expuestas, o desde el frente de el encerramiento o abertura, si están encerrados.

Tabla 110-16.a). Espacio de trabajo			
Tensión nominal a tierra	Distancia mínima en (m) según la condición		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
0-150	0,9	0,9	0,9
151-600	0,9	1,1	1,2

1 Partes energizadas expuestas en un lado y ninguna parte energizada o puesta a tierra en el otro lado del espacio de trabajo, o partes energizadas expuestas a ambos lados protegidas eficazmente por madera u otros materiales aislantes adecuados. No se consideraran partes energizadas los cables o barras aislados que funcionen a menos de 300 V

2 Partes energizadas expuestas a un lado y puestas a tierra en el otro. Las paredes de hormigón, ladrillo o baldosa se deben considerar como puestas a tierra.

3 Partes energizadas expuestas en ambos lados del espacio de trabajo (no protegidas como está previsto en la Condición 1), con el operador entre ambas.

ANEXO 3





En esta ocasión se realizó el recorrido desde el lote donde se pretende construir la mini granja solar en el lote destinado para ello, hasta el lote donde se construirá la planta de tratamiento de agua potable en el corregimiento de Villeros (Coveñas).

Atentamente,

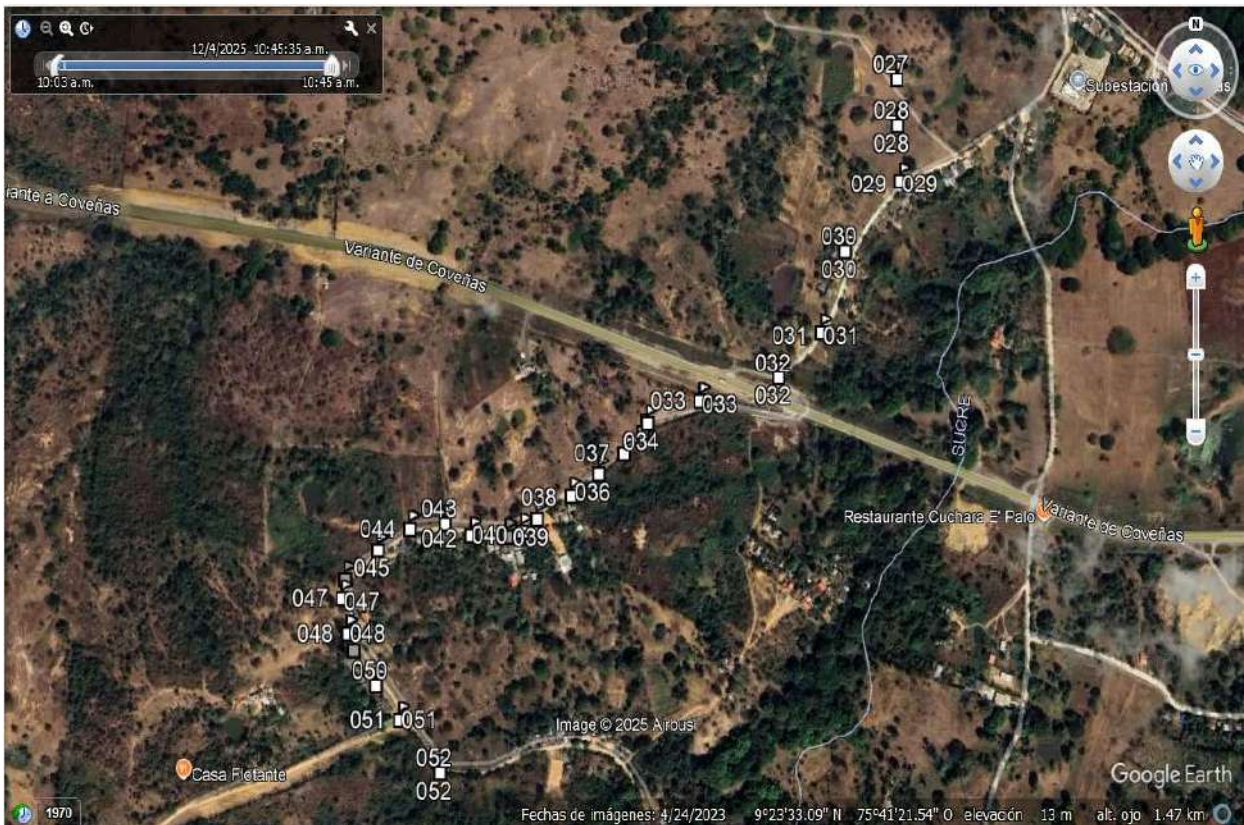


ALVARO ENRIQUE LAGUNA MERCADO

Contratista Dirección de Proyectos Estratégicos

C.C. No. 92.512.010 de Sincelejo

ANEXO 4



26	18 P 423915 1038406			Symbol & 4/12/2025 7:41:05 p. m.
27	18 P 423934 1038319	-5 m		Symbol & 4/12/2025 10:03:28 a. m.
28	18 P 423934 1038264	-3 m		Symbol & 4/12/2025 10:04:18 a. m.
29	18 P 423938 1038200	-2 m		Symbol & 4/12/2025 10:06:34 a. m.
30	18 P 423863 1038118	2 m		Symbol & 4/12/2025 10:08:58 a. m.
31	18 P 423831 1038023	4 m		Symbol & 4/12/2025 10:11:26 a. m.
32	18 P 423773 1037970	4 m		Symbol & 4/12/2025 10:12:40 a. m.
33	18 P 423667 1037942	9 m		Symbol & 4/12/2025 10:16:36 a. m.
34	18 P 423597 1037917	15 m		Symbol & 4/12/2025 10:18:51 a. m.
35	18 P 423590 1037906	15 m		Symbol & 4/12/2025 10:19:19 a. m.
36	18 P 423531 1037858	16 m		Symbol & 4/12/2025 10:22:37 a. m.
37	18 P 423565 1037882	18 m		Symbol & 4/12/2025 10:23:43 a. m.
38	18 P 423494 1037832	18 m		Symbol & 4/12/2025 10:25:27 a. m.
39	18 P 423449 1037806	19 m		Symbol & 4/12/2025 10:26:47 a. m.
40	18 P 423428 1037791	21 m		Symbol & 4/12/2025 10:28:29 a. m.
41	18 P 423408 1037786	21 m		Symbol & 4/12/2025 10:28:58 a. m.
42	18 P 423361 1037787	23 m		Symbol & 4/12/2025 10:30:29 a. m.
43	18 P 423326 1037801	25 m		Symbol & 4/12/2025 10:31:49 a. m.
44	18 P 423279 1037795	28 m		Symbol & 4/12/2025 10:32:40 a. m.
45	18 P 423237 1037771	29 m		Symbol & 4/12/2025 10:34:12 a. m.
46	18 P 423194 1037737	33 m		Symbol & 4/12/2025 10:35:50 a. m.
47	18 P 423190 1037715	34 m		Symbol & 4/12/2025 10:37:06 a. m.
48	18 P 423197 1037675	36 m		Symbol & 4/12/2025 10:38:19 a. m.
49	18 P 423205 1037654	34 m		Symbol & 4/12/2025 10:39:40 a. m.
50	18 P 423234 1037613	30 m		Symbol & 4/12/2025 10:41:30 a. m.
51	18 P 423265 1037573	25 m		Symbol & 4/12/2025 10:43:11 a. m.
52	18 P 423318 1037510	22 m		Symbol & 4/12/2025 10:45:35 a. m.

Esta imagen refleja el KMZ producto del recorrido desde el lote donde se pretende construir la mini granja solar en el lote destinado para ello, hasta el lote donde se construirá la planta de tratamiento de agua potable en el corregimiento de Villeros (Coveñas).

El archivo en Excel las coordenadas numéricas junto a las elevaciones correspondientes a cada punto.

Atentamente,



ALVARO ENRIQUE LAGUNA MERCADO
Contratista Dirección de Proyectos Estratégicos
C.C. No. 92.512.010 de Sincelejo

ANEXO 5

MUNICIPIO DE COVEÑAS

PROYECTO:

CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA REGIONAL DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LOS ACUEDUCTOS DE LOS
MUNICIPIOS DE COVEÑAS Y SANTIAGO DE TOLÚ, EN EL
DEPARTAMENTO DE SUCRE

BPIN_2025000020046

MEMORIAS DE CÁLCULO COMPONENTE ELÉCTRICO SOLAR
FOTOVOLTAICO

DICIEMBRE DE 2025

Contenido

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO	5
1.1. Ficha del Proyecto	5
1.2. Descripción de la problemática	6
2. OBJETIVO	6
3. ALCANCE.....	6
4. LOCALIZACION DEL PROYECTO	7
4.1. Ubicación	7
5. ESTUDIO Y ANALISIS DE LA DEMANDA.....	7
5.1. Proyección de Demanda.....	8
6. VARIABLES CLIMATOLOGICAS	9
6.1. Radiación Solar.....	9
6.2. Temperatura y humedad.....	10
6.3. Descargas atmosféricas	12
7. CONSIDERACIONES GENERALES.....	12
8. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE GENERACION FOTOVOLTAICO.....	13
8.1. Descripción del sistema	13
8.2. Modelo energético aplicado	14
8.3. Datos de entrada	15
8.4. Dimensionamiento del sistema de generación.....	16
8.5. Sistema de comunicaciones y monitoreo.....	18
9. DISEÑO DETALLADO DEL SISTEMA.	18
9.1. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.	19
9.2. Análisis de riesgos por descargas eléctricas atmosféricas (rayos) y medidas de protección. 30	
9.2.1. Protección contra descargas atmosféricas	31
9.2.2. Evaluación del nivel de riesgo	31
9.2.3. Resultados del cálculo	33
9.3. Análisis y cálculo de cargas iniciales y futuras, incluyendo factor de potencia y armónicos.....	34
9.4. Coordinación de aislamiento eléctrico.....	35
9.5. Análisis y cálculos de cortocircuito, arco eléctrico y falla a tierra.	35
9.6. Análisis del nivel de tensión requerido.	36
9.7. Cálculos de campos electromagnéticos.	36

9.8.	Cálculo de transformadores incluyendo efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.....	36
9.9.	Sistema de puesta a tierra	36
9.9.1.	Características técnicas del sistema de puesta a tierra.....	37
9.9.2.	Parámetros básicos de diseño.....	37
9.9.3.	Cálculo del área y diámetro del conductor que soporta la corriente de cortocircuito. .	38
9.9.4.	Cálculo de las tensiones de paso y de contacto tolerables.....	40
9.9.5.	Cálculo del GPR.....	41
9.9.6.	Cálculo de la Tensión de retícula, <i>Em</i>	41
9.9.7.	Cálculo de la Tensión de paso, <i>Es</i>	42
9.9.8.	Resultados.....	42
9.10.	Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.	44
9.10.1.	Sistema DC	44
9.10.2.	Sistema AC.....	44
9.11.	Especificación de los conductores.....	46
9.11.1.	Circuito arreglos	47
9.11.2.	Circuito al inversor	47
9.11.3.	Circuito al transformador	47
9.11.4.	Circuito al punto de conexión del OR.	48
9.12.	Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción y soporte de redes de transmisión, de distribución, subestaciones y centrales de generación.....	48
9.13.	Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes.	52
9.13.1.	Arreglos al inversor	52
9.13.2.	Protecciones de inversores, tablero de distribución general del transformador en B.T y celdas MT para distribución.	52
9.14.	Cálculos de canalizaciones (tubos, ductos, canales y electroductos), bandejas portacables y volumen de encerramientos (cajas, conduletas, armarios, etc.).....	55
9.15.	Cálculo de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia	56
9.16.	Cálculos de regulación de tensión	56
9.16.1.	Regulación de tensión DC.	56
9.16.2.	Regulación de tensión AC.....	58
9.16.3.	Regulación de tensión desde el transformador afloramiento y punto de conexión del OR	59

9.17.	Áreas clasificadas como peligrosas.....	59
9.18.	Diagramas unifilares	59
9.19.	Planos eléctricos para construcción	59
9.20.	Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.	60
9.21.	Distancias de seguridad o servidumbre requeridas	60
9.22.	Justificación de desviaciones técnicas cuando sea estrictamente necesarias, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación	61
9.23.	Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas	61
9.24.	Selección, cálculo y especificación de equipos de generación de energía convencionales y no convencionales.....	61
9.25.	Recomendaciones.....	62
10.	ANEXOS.....	65

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

Garantizar el acceso a energía asequible, confiable y moderna para todos en 2030 es uno de los objetivos mundiales de desarrollo sostenible planteados por los Estados miembros de las Naciones Unidas. Sin embargo, en Colombia persiste un gran desafío: los altos costos de la energía eléctrica que afectan a millones de usuarios, especialmente en la región Caribe, donde las tarifas han alcanzado niveles que comprometen la calidad de vida de los hogares y la sostenibilidad de empresas e instituciones. La situación tarifaria en la Costa Caribe ha generado una preocupación creciente en distintos sectores sociales y económicos, dado que el servicio de energía, a pesar de ser esencial, representa una carga financiera considerable. En este contexto, resulta fundamental impulsar soluciones innovadoras y sostenibles que permitan mitigar el impacto económico de las altas tarifas y a la vez contribuyan a la transición energética del país.

En la Gobernación de Sucre, la administración departamental reconoce la necesidad de implementar proyectos de autogeneración con energías limpias para reducir la dependencia del sistema eléctrico convencional y aliviar los costos asociados al servicio. Bajo este propósito, se plantea que dentro del proyecto **“Construcción de un sistema regional de abastecimiento de agua para los acueductos de los municipios de Coveñas y Santiago de Tolú, en el departamento de Sucre”**, se busca implementar soluciones alternativas que ayuden a disminuir costos operativos del servicio de energía sin interrumpir el servicio de abastecimiento del recurso hídrico. Este proyecto se convierte en una estrategia clave no solo para disminuir los costos de los acueductos, sino también para servir de modelo replicable en otras instituciones y departamentos de la región Caribe que enfrentan la misma problemática tarifaria. Además, se alinea con los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo (Colombia Potencia Mundial de la Vida) en torno al fomento de energías renovables y la construcción de un sistema energético más justo, sostenible y resiliente.

1.1. Ficha del Proyecto

Título del Proyecto	CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA REGIONAL DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LOS ACUEDUCTOS DE LOS MUNICIPIOS DE COVEÑAS Y SANTIAGO DE TOLÚ, EN EL DEPARTAMENTO DE SUCRE	
Entidad Formuladora	Gobernación de Sucre	
Población Objetivo	79.089 habitantes	
Sub-Región	Golfo de Morrosquillo	
Ejecutor	Por definir	
Departamento	Sucre	
Vida Útil del Proyecto	15 años	
Costo Total del Proyecto	EN PROCESO DE AJUSTE	
Lugar de Ejecución del Proyecto	Departamento	Sucre
	Municipio	Santiago de Tolú Coveñas
	Territorios	
	Empresa/Institución	Gobernación de Sucre

Responsable del Proyecto	Dependencia	Dirección de Proyectos Estratégicos
---------------------------------	--------------------	--

Tabla 1. Ficha del Proyecto

1.2. Descripción de la problemática

En Colombia, el costo de la energía eléctrica ha experimentado un aumento constante en los últimos años, afectando tanto a los hogares como a las empresas, instituciones y entidades en Colombia. Este incremento en las tarifas se debe a diversos factores, incluyendo la dependencia del país de fuentes de energía convencionales y los costos asociados a la infraestructura y la distribución. Según datos recientes de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), la tasa de crecimiento anual del valor de la tarifa eléctrica ha superado el 5% en algunas regiones, lo que ha generado un impacto significativo en el presupuesto de los consumidores.

Ante esta problemática, los sistemas solares fotovoltaicos (FV) emergen como una solución viable y sostenible. Estos sistemas permiten a los usuarios generar su propia electricidad a partir de una fuente renovable, lo que se traduce en una reducción considerable en la facturación de energía eléctrica. Al adoptar sistemas de autoconsumo fotovoltaico, los consumidores no solo disminuyen su dependencia de la red eléctrica convencional, sino que también contribuyen a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), alineándose con los compromisos ambientales globales.

La implementación de sistemas solares fotovoltaicos modulares en Colombia no solo podría mitigar los crecientes costos de la energía, sino que también promovería una transición hacia un modelo energético más sostenible y resiliente, impulsando el desarrollo de una economía más verde y reduciendo la huella de carbono del país.

2. OBJETIVO

Diseño del sistema de autogeneración de energía fotovoltaico de 300kW, del proyecto “Construcción de un sistema regional de abastecimiento de agua para los acueductos de los municipios de Coveñas y Santiago de Tolú, en el departamento de Sucre” promovido por la Gobernación de Sucre, para el autoconsumo sin venta de excedentes conectado con las redes de energía de la planta de tratamiento de agua potable.

3. ALCANCE

Presentar un diseño para un sistema de autogeneración fotovoltaica con una capacidad máxima de 300kW que posteriormente se conectará a la red de distribución de energía eléctrica de Sistema de Distribución Local SDL, desde la generación hasta el posible punto de conexión (Haciendo referencia al punto de conexión de la planta de tratamiento de agua potable ya que el proyecto no contempla conectarse al SIN para venta de excedentes.

4. LOCALIZACION DEL PROYECTO

4.1. Ubicación

El Sistema Solar Fotovoltaico (en adelante “SSFV”) se realizará en el municipio de Coveñas, en el departamento de Sucre.

KPI	
Departamento	Sucre
Municipio	Coveñas
Latitud	9°23'41.5"N
Longitud	75°41'42.0"W
Altitud	15 msnm

Tabla 2. Ubicación del Proyecto

En la siguiente figura se muestra la localización del proyecto en el contexto nacional y se muestra una vista más cercana de la región.



Figura 1. Localización del proyecto en Coveñas, en el departamento de Sucre, Colombia.

5. ESTUDIO Y ANALISIS DE LA DEMANDA.

El objetivo del proyecto es reducir el valor de la factura de servicio eléctrico de la planta potabilizadora de agua potable de los acueductos de los municipios de Coveñas y Santiago de Tolú, Sucre, promoviendo la sostenibilidad y el acceso equitativo a la energía. Esto, en marcado en que los habitantes de dichos

municipios dependen de un suministro constante y óptimo del agua para satisfacer sus necesidades cotidianas. Por ello, se plantea un proyecto que pueda minimizar las tarifas dentro de un marco de eficiencia energética. Para este análisis, se utilizaron los cuadros de carga proyectados dentro del diseño eléctrico del proyecto para la planta potabilizadora en este caso.

CUADRO DE CARGAS SEGÚN TIPO DE CARGA INSTALADA				
TIPO DE CARGA	CANT.	CARGA W	FACTOR POTENCIA	TOTAL CARGA VA
CCM MOTORES 460V	1	578.340,00	0,86	672.488
SERVICIOS GENERALES 220V	1	29.000,00	0,90	32.222
TOTAL VA				704.711

Ahora bien, se tendrá en cuenta que las cargas trabajarán las 24h del día a plena carga ya que se plantea un suministro constante del recurso hídrico, lo cual representa un consumo elevado y dicha demanda solo la podrán satisfacer el SSFV en horas de alta irradiación o en horas pico solar HSP, es por esta razón que para los cálculos se tendrá en cuenta la relación generación – consumo en dichas horas para mitigar los costos operativos asociados a los consumos de la planta potabilizadora. Por tanto, con base a estos datos se planifica un diseño que satisfaga la necesidad requerida de energía y potencien la autosuficiencia de estas de acuerdo con los parámetros técnicos establecidos.

Adicionalmente, se tomó en cuenta que el SSFV deberá abastecer a la planta potabilizadora de agua potable durante un período de 15 años, correspondiente a la vida útil del proyecto. Esto significa que no solo es importante planificar la demanda actual, sino también anticipar el crecimiento de esta a lo largo del tiempo.

Sabiendo que, se trabajara las 24h del día todos los días, se calcula entonces:

- Potencia activa total $P = 578.340 \text{ W} + 29.000 \text{ W} = 607.34 \text{ kW}$
- Potencia aparente total $S \approx 704,71 \text{ kVA}$ (F.P global $\approx 0,862$)

Ahora, si se trabaja a plena carga 24/7 durante 30 días (720 h):

- Consumo activo mensual:

$$E = P [\text{kW}] \times h$$

$$E = 607,34 \times 720 = 437.285 \text{ kWh}$$

Se aclara que se calcula la energía activa del sistema, ya que al final las cargas tienen un factor de potencia adecuado de trabajo para no ser penalizados y tener costos adicionales en la facturación del servicio. Además, el SSFV busca satisfacer en su mayoría la demanda de energía activa y no reactiva del sistema, ya que al final esta compensación reactiva la toma de las redes de energía del OR.

5.1. Proyección de Demanda

Según XM publica un PMAX nacional 2026 (escenario medio) de 13.186 MW. Si Caribe mantiene una participación de ~28% de la energía (22.944,9/82.084,9 (correspondiente a un 28%) en 2024), la punta regional 2026 podría ubicarse alrededor de 3.6–3.8 GW (estimación proporcional). Teniendo en cuenta que la demanda nacional viene creciendo 5% interanual y Caribe lidera el consumo; (ej., julio/2025) Caribe registró 2.146,88 GWh y encabezó el crecimiento mensual.¹

6. VARIABLES CLIMATOLÓGICAS

6.1. Radiación Solar

Tal como se evidencia en la Figura 2 para el departamento del Sucre, cuenta con un rango de radiación solar entre 4,5 – 5,0 KWh/m²/día según el atlas de radiación solar del IDEAM.

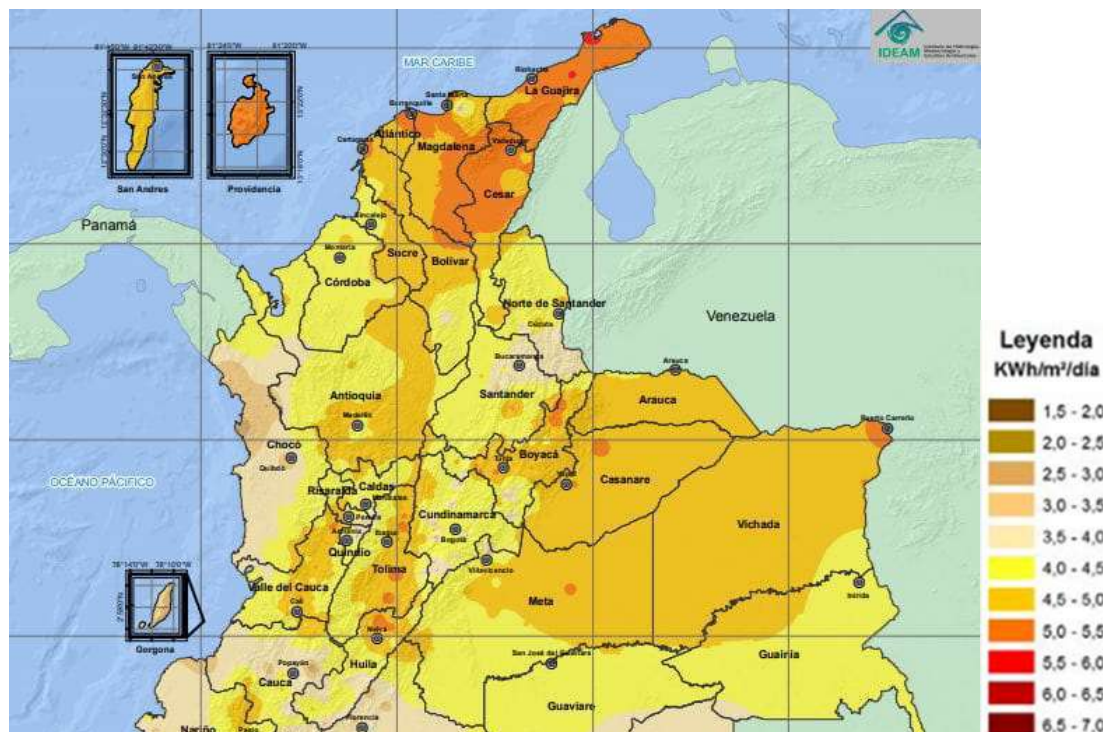


Figura 2. Atlas de radiación solar

Fuente: IDEAM

En cuanto el municipio de Coveñas, según los datos suministrados por el software “Meteonorm 8.2.0” la irradiación promedio mensual se encuentra en 162,35 KWh/m², siendo el mes de noviembre el mes con

¹https://www.xm.com.co/noticias/7504-en-2024-la-demanda-de-energia-en-colombia-aumento-23-en-comparacion-con-el-ano?utm_source=chatgpt.com

peor índice de radiación con un índice de (145.3KWh/m²/mes). Tal como se puede evidenciar en la Tabla 3.

Periodo	Radiación sobre la horizontal global kWh/m ² /mes	Irrradiación difusa horizontal kWh/m ² /mes	Temperatura °C
Enero	169.7	62.0	26.0
Febrero	159.6	65.7	26.5
Marzo	178.4	77.7	27.5
Abril	164.9	75.8	28.3
Mayo	169.0	82.2	29.2
Junio	167.6	77.4	28.9
Julio	174.8	82.3	29.0
Agosto	168.9	88.7	28.8
Septiembre	145.5	83.3	27.9
Octubre	145.9	81.0	27.6
Noviembre	145.3	67.9	27.0
Diciembre	158.7	59.4	26.8
Anual	1948.4	903.3	27.8

Tabla 3. Radiación Multianual – Mensual

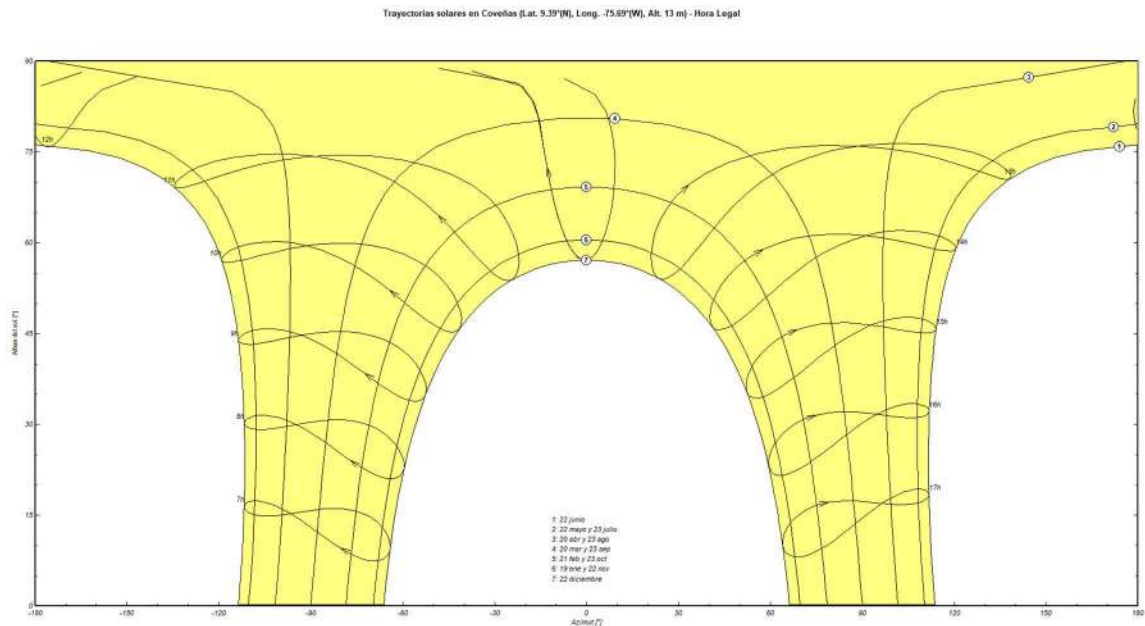


Figura 3. Recorrido solar del sitio.

6.2. Temperatura y humedad

En Coveñas, la temporada de lluvia es nublada, la temporada seca es parcialmente nublada y es muy caliente y opresivo durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 23

°C a 34 °C y rara vez baja a menos de 22 °C o sube a más de 36 °C. La temporada calurosa dura 2,5 meses, del 31 de enero al 13 de abril, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 34 °C. El mes más cálido del año en Coveñas es abril, con una temperatura máxima promedio de 34 °C y mínima de 25 °C.

La temporada fresca dura 2,5 meses, del 16 de septiembre al 30 de noviembre, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 32 °C. El mes más frío del año en Coveñas es diciembre, con una temperatura mínima promedio de 24 °C y máxima de 33 °C.

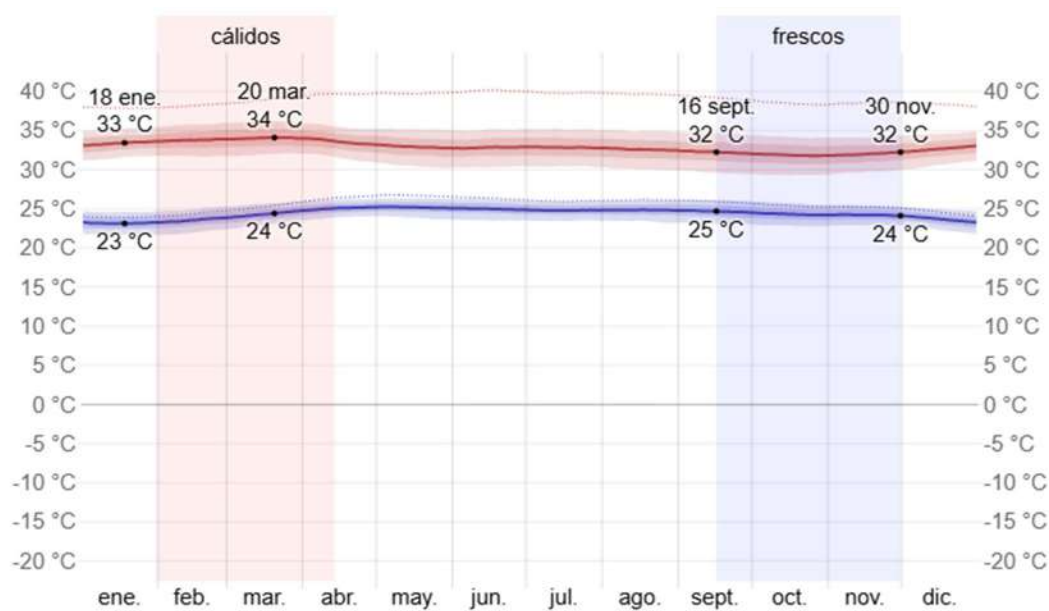


Figura 4. Temperatura máxima y mínima promedio en Coveñas.

La duración del día en Coveñas no varía considerablemente durante el año, solamente varía 40 minutos de las 12 horas en todo el año. En 2025, el día más corto es el 21 de diciembre, con 11 horas y 34 minutos de luz natural; el día más largo es el 20 de junio, con 12 horas y 41 minutos de luz natural.²



² <https://es.weatherspark.com/y/22591/Clima-promedio-en-Coveñas-Colombia-durante-todo-el-año>

Figura 5. Horas de luz natural y crepúsculo en Coveñas.

El nivel de humedad percibido en Coveñas, medido por el porcentaje de tiempo en el cual el nivel de comodidad de humedad es bochornoso, opresivo o insoportable, no varía considerablemente durante el año, y permanece prácticamente constante en 100 %.

6.3. Descargas atmosféricas

La Figura 6 presenta el mapa de densidad de descargas al año (DDT), extraído de la norma NTC 4552-1 Anexo A, Figura A.10. Para el municipio de Coveñas se estima una DDT de 3 rayo/km²/año. Este input será utilizado para el análisis de riesgo por descargas atmosféricas para la determinación de la necesidad de apantallamiento del sistema.

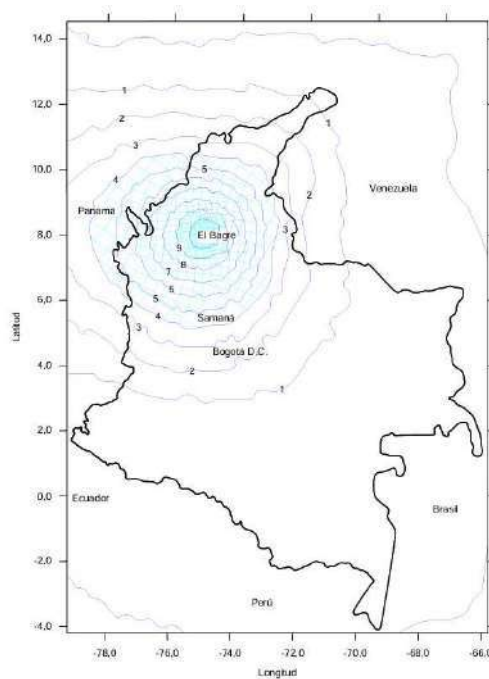


Figura 6. Mapa DDT en Colombia

Fuente: NTC 4552

7. CONSIDERACIONES GENERALES

Los sistemas de generación fotovoltaica dependen de su ubicación geográfica gracias a que su fuente de generación eléctrica son los módulos de celdas fotovoltaicas y las condiciones climáticas a las que están

expuestas influyen directamente en su capacidad de generación. En Colombia las condiciones ambientales cambian de un sitio a otro por encontrarse muy cerca al Ecuador, por lo que la capacidad y eficiencia de generación del sistema va a depender del lugar del país en donde se haga la instalación.

De acuerdo con lo explicado, se presenta un diseño de un sistema de generación fotovoltaica considerando las condiciones climáticas del lugar de instalación, descritas a continuación:

- Temperatura promedio de acuerdo con Meteonorm 8.2.0 de 27.8°C.
- Coordenadas de la instalación: 9°23'41.5"N 75°41'42.0"W

El sistema cuenta una potencia instalada de 300 kW en su salida, de donde se proyecta realizar la distribución de energía a un nivel de tensión de 13.2 kV Línea – Línea hasta el punto de conexión en la planta de tratamiento de agua potable (PTAP).

8. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE GENERACION FOTOVOLTAICO.

8.1. Descripción del sistema

El sistema por dimensionar es un sistema de autogeneración cuya fuente es una planta solar fotovoltaica. Los esquemas de autoconsumo son variados, no obstante, aquellos más usados hacen referencia a que los equipos de conversión o inversores se clasifican en dos, aquellos que realizan la inyección a la red, dado que permiten la respuesta a la demanda de manera instantánea y los inversores sin conexión a la red, que tienen la función de tomar la energía de los paneles solares y cargar el sistema de almacenamiento con el objetivo de dar respuesta a la demanda en las horas de no sol o en aquellas horas en las cuales la energía generada no sea suficiente para cubrir la totalidad de la demanda.

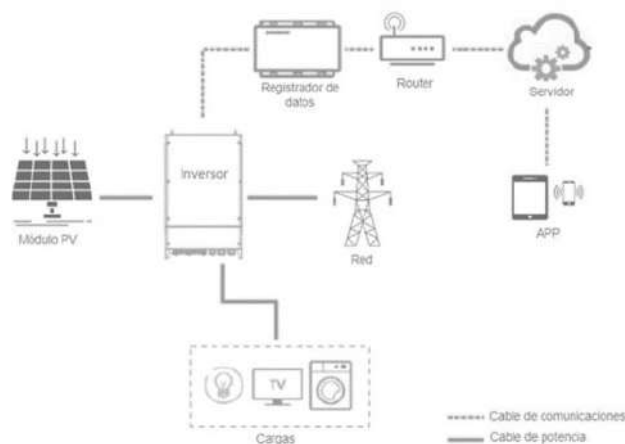


Figura 7. Esquema de operación del autogenerador

8.2. Modelo energético aplicado

Se realizó el modelado de un sistema solar con el objetivo de ajustar la cantidad de módulos necesarios para cubrir las necesidades de la PTAP del proyecto. Dentro de este estudio se incluye el análisis de sombras a partir de geolocalización y de la estructura de cerramiento que se construirá para proteger los módulos. Este análisis energético permite sentar las bases para diseñar el resto del sistema ya que impone las primeras restricciones de potencia que deben satisfacer el resto de los equipos del sistema. A su vez, este análisis permite obtener la energía mensual mínima producida y compararla con las estimaciones de demanda que se tiene para el sistema. Luego, aplicando a esta energía un decremento a lo largo de los 15 años de duración del proyecto se determina si el modelo implementado es suficiente o se requieren de más módulos. El algoritmo realizado se detalla en la siguiente figura.



Figura 8. Algoritmo estudio energético

Normalmente luego de 2 - 3 iteraciones se llega a la cantidad de módulos necesaria para satisfacer las necesidades los futuros territorios energéticos, la cual en este caso es de 540 módulos de 710Wp. En las siguientes figuras se detalla la producción mensual estimada, las pérdidas y el estudio de sombras obtenido a partir del Software PVsyst que utiliza la base de datos de Meteonorm y las pérdidas de energía del proceso de generación mediante los paneles solares fotovoltaicos de 710Wp. Adicionalmente, se realiza un análisis de sombras teniendo en cuenta la ubicación del área de paneles solares y estructuras tales como el cerramiento, el reflejo o sombra entre las mesas, etc. El área es ajustada teniendo en cuenta que las pérdidas de energía debido a sombras entre las 8 am y las 4 pm deben ser inferiores al 2% de la producción mensual estimada.

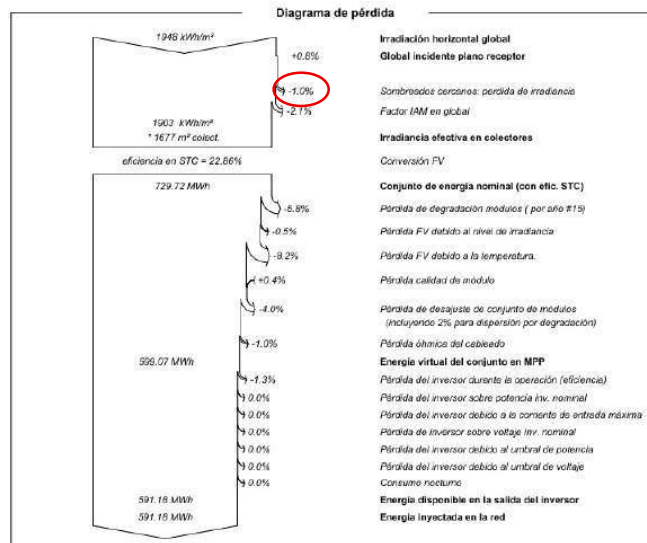
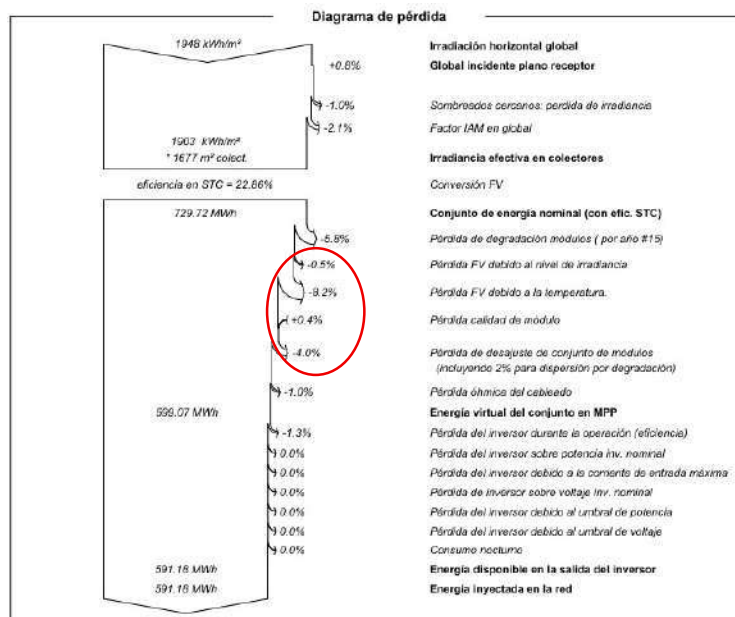


Figura 9. Resultados del Software de Simulación de Generación de Energía

8.3. Datos de entrada

Un aspecto para tener en cuenta es la eficiencia total del sistema, esto como criterio de diseño principal, dado que afectará directamente la cantidad de energía a entregar. Para ello se tienen en cuenta pérdidas de energía por suciedad, temperatura, sombreado, dispersión y componentes del sistema fotovoltaico, obteniendo un total general cerca de un 13.1% de pérdidas de energía en este aspecto según la figura 9.



No obstante, con el objetivo de realizar el dimensionamiento del sistema, se toman como datos de entrada: los datos de radiación solar del mes crítico de menor radiación solar de la localidad; la demanda energética total diaria de la localidad; las especificaciones técnicas de los equipos seleccionados para el cálculo y, finalmente, se procede a efectuar los cálculos para dimensionar el sistema que satisfaga el consumo proyectado al año 15, teniendo en cuenta el rateo del sistema.

Parámetros generales			
Sistema conectado a la red		Cobertizos en un edificio	
Orientación #1		Configuración de cobertizos	
Plano fijo		Núm. de cobertizos	30 unidades
Inclinación/Azimut	15 / 28.6 °	Arreglos idénticos	
		Tamaños	
		Espaciado entre cobertizos	4.40 m
		Ancho de sensor	2.63 m
		PCS Sombreado	60.1 %
		Banda inactiva superior	0.02 m
		Banda inactiva inferior	0.02 m
Modelos usados		Horizonte	
Transposición	Perez	Horizonte libre	
Difuso	Perez, Meteonorm	Sombreados cercanos	
Circunsolar	separado	Sombreados lineales : Rápido (tabla)	
Necesidades del usuario			
Carga ilimitada (red)			

Características del generador FV			
Módulo PV		Inversor	
Fabricante	Generic	Fabricante	Generic
Modelo	TSM-NEG-21C-20-710 Vertex	Modelo	SUN2000-100KTL-M2-480Vac
(Base de datos PVsyst original)		(Base de datos PVsyst original)	
Unidad Nom. Potencia	710 Wp	Unidad Nom. Potencia	100 kWca
Conjunto #1 - INVERSOR 1		Conjunto #2 - INVERSOR 2	
Número de módulos FV	180 unidades	Número de inversores	10 * MPPT 10% 1 unidad
Nominal (STC)	128 kWp	Potencia total	100 kWca
Módulos	10 cadena x 18 En serie	Voltaje de funcionamiento	200-1000 V
En cond. de funcionam. (50°C)		Potencia máx. (=>40°C)	110 kWca
Pmpp	119 kWp	Proporción Pnom (CC:CA)	1.28
U mpp	677 V	No hay reparto de potencia entre MPPTs	
I mpp	175 A		
Conjunto #3 - INVERSOR 3		Conjunto #4 - INVERSOR 4	
Número de módulos FV	180 unidades	Número de inversores	10 * MPPT 10% 1 unidad
Nominal (STC)	128 kWp	Potencia total	100 kWca
Módulos	10 cadena x 18 En serie	Voltaje de funcionamiento	200-1000 V
En cond. de funcionam. (50°C)		Potencia máx. (=>40°C)	110 kWca
Pmpp	119 kWp	Proporción Pnom (CC:CA)	1.28
U mpp	677 V	No hay reparto de potencia entre MPPTs	
I mpp	175 A		
Potencia FV total		Potencia total del inversor	
Nominal (STC)	383 kWp	Potencia total	300 kWca
Total	540 módulos	Número de inversores	3 unidades
Área del módulo	1677 m²	Proporción Pnom	1.28
Área celular	1572 m²	Sin reparto de potencia	

Tabla 5. Datos de Entrada del Dimensionamiento

8.4. Dimensionamiento del sistema de generación.

Para determinar la capacidad de los paneles solares fotovoltaicos para tener en cuenta, se realizó estudio de mercado el cual arrojó que las capacidades comerciales de paneles actuales, los cuales se encuentran entre los 620 Wp y los 715 Wp. Entre estas potencias se estableció aquella de 710Wp como la potencia en paneles

monocristalinos comercial actual que cumple con los estándares técnicos de peso y tamaño para la modularidad, con el mejor precio del mercado.

Para este caso se utilizó el software PVsyst, el cual calcula dadas las características de los equipos a utilizar y las condiciones climáticas del sitio la configuración optima de paneles en serie y paralelo, con un un sobredimensionamiento de lado DC lo más cercano a un 30% mayor que la capacidad nominal de cada inversor. (Ver figura 10).

Se realizó el modelado de un sistema solar con el objetivo de ajustar la cantidad de módulos necesarios para cubrir la demanda, considerando que la potencia total instalada del sistema debe ser lo más cercana a 390 kWp y se utilizan paneles fotovoltaicos con una potencia de 710 Wp. Ahora bien, teniendo en cuenta el área disponible de instalación se utiliza un total de 540 paneles. En común acuerdo con el diseño civil, se propone la instalación de mesas de paneles que albergan 2 filas de 9 unidades de paneles cada una. La conexión de los paneles se define por arreglos, los cuales cuentan el total de paneles conectados en serie. La Figura 10 muestra las características eléctricas para los arreglos del sistema.

Definición del sistema de red, Variante VCO: "Nueva variante de simulación"

Lista de subconjuntos

Nombre	#Mód #Inv.	#Cadena #MPPT
INVERSOR 1		
Trina solar - TSM-NEG-21C-20...	18	10
Huawei Technologies - SUN200...	1	10
INVERSOR 2		
Trina solar - TSM-NEG-21C-20...	18	10
Huawei Technologies - SUN200...	1	10
INVERSOR 3		
Trina solar - TSM-NEG-21C-20...	18	10
Huawei Technologies - SUN200...	1	10

Subconjunto: DIVERSOR 1

Seleccione la orientación
Orientación: Fijo, Incl. 15.0°, Azim. 28.6°

Ayuda de pre-dimensionamiento
Sin dimensionamiento: Potencia planeada 0 kWp, o área disponible 0 m²

Seleccione el módulo FV
Disponible ahora: Filtro Todos los módulos F
Módulo bifacial: Sistema bifacial
Trina Solar: 710 Wp 34V Si-mono TSM-NEG-21C-20-710 Vertex Desde 2024 Datasheet 2024
Usar optimizador: ☐

Dimensiona. voltaje: Vmpp (60°C) 36.4 V, Voc (-10°C) 53.0 V

Seleccione el inversor
Disponible ahora: Voltaje de salida 480 V Tri 50Hz
Huawei Technologies: 100 kW 200 - 1000 V TL 50/60 Hz SUN2000-100KTL-M2-480Vac Desde 2024
Núm. de entradas MPPT: 10 Voltaje de funcionamiento: 200-1000 V Potencia del inversor utilizada 100.0 kWCA
Voltaje máximo de entrada: 1100 V inversor con 10 MPPT
Reparto de Pnom en el inversor: ☐ Entradas MPPT independientes: ☒ No hay reparto de potencia entre MPPTs

Diseñe el conjunto
Núm. de módulos y cadenas: Mód. en serie 18 entre 6 y 20, Núm. cadenas 10
Pérdida sobrecarga: 0.1 %, Proporción Pnom: 1.28 Dimensionamiento
Núm. de módulos: 180 Área: 559 m²

Condiciones de operación
Vmpp (60°C) 655 V, Vmpp (20°C) 743 V, Voc (-10°C) 953 V
Irradia. plano: 1000 W/m²
Imp (STC) 174 A, Isc (STC) 184 A, Isc (en STC) 184 A
Potencia de funcionamiento máx. (en 1000 W/m² y 50°C) 119 kW
Potencia nom. conjunto (STC) 128 kWp

Resumen sistema global
Núm. de módulos: 540, Área del módulo: 1677 m², Núm. de inversores: 3, Potencia FV nominal: 383 kWp, Potencia de CA nominal: 300 kWCA, Proporción Pnom: 1.278

Resumen del sistema Diagrama unifilar Cancelar OK

Figura 10. Dimensionamiento del sistema en software PVsyst.

Se sugiere que el inversor tenga una cantidad total de alrededor de 10 MPPT para garantizar la confiabilidad del sistema y asegurar el mínimo de salida de este al momento de realizar mantenimientos o reparaciones. Para efectos del ejercicio, se consideran 3 inversores de 10 MPPT, en el cual se conectan 10 arreglos con 18 paneles en serie por MPPT. La salida de los inversores conectados en paralelo se conecta a un barraje AC a la tensión de salida de los inversores, el cual alimenta el centro de transformación BT/MT para su posterior distribución.

8.5. Sistema de comunicaciones y monitoreo.

El sistema de comunicaciones del sistema de generación fotovoltaica está compuesto por un smartmeter o medidor inteligente, el cual estará conectado a cada inversor, de esta manera se podrá programar el inversor de tal manera que se pueda saber su rendimiento en tiempo real y garantizar un correcto funcionamiento, así como sus respectivos mantenimientos. Cabe aclarar que este medidor inteligente o Smart-meter debe ser compatible con el inversor a utilizar, esto para garantizar su funcionamiento y evitar errores.

9. DISEÑO DETALLADO DEL SISTEMA.

De acuerdo con lo establecido en el Artículo 3.3.1.1 del reglamento de instalaciones eléctricas RETIE 2024, el diseño del sistema de generación fotovoltaico debe cumplir con los ítems del (a) al (x) que apliquen, cómo se muestra en la Tabla 6.

ITEM	DESCRIPCIÓN	APLICA
a	Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.	SI
b	Análisis de riesgos por descargas eléctricas atmosféricas (rayos) y medidas de protección.	SI
c	Análisis y cálculo de cargas iniciales y futuras, incluyendo factor de potencia y armónicos.	SI
d	Coordinación de aislamiento eléctrico.	NO
e	Análisis y cálculos de cortocircuito, arco eléctrico y falla a tierra.	SI
f	Análisis del nivel tensión requerido.	SI
g	Cálculos de campos electromagnéticos.	NO
h	Cálculo de transformadores incluyendo efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.	SI
i	Sistema de puesta a tierra.	SI
j	Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.	SI
k	Especificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor, de acuerdo con la norma IEC 60909 u otra equivalente.	SI
l	Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción y soporte de redes de transmisión, de distribución, subestaciones y centrales de generación.	SI
m	Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A.	SI
n	Cálculos de canalizaciones (tubos, ductos, canales y electroductos), bandejas portacables y volumen de encerramientos (cajas, conduletas, armarios, etc.)	SI
o	Cálculo de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.	SI
p	Cálculos de regulación de tensión.	SI
q	Áreas clasificadas como peligrosas.	NO
r	Diagramas unifilares.	SI
t	Planos eléctricos para construcción.	SI

s	Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.	SI
u	Distancias de seguridad o servidumbre requeridas.	SI
v	Justificación de desviaciones técnicas cuando sea estrictamente necesarias, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.	NO
w	Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.	SI
x	Selección, cálculo y especificación de equipos de generación de energía convencionales y no convencionales.	SI

Tabla 6. Ítems RETIE Artículo 3.3.1.1.

9.1. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.

RIESGO A EVALUAR:	QUEMADURAS por				ARCO ELECTRICO (si) o (en)		CENTRO DE TRANSFORMACION			
	EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE			
	POTENCIAL	X	REAL		FRECUENCIA					
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores	Salida de Subestación	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

POSIBLES CAUSAS: Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores con carga, apertura de transformadores de corriente, apertura de transformadores de potencia con carga sin utilizar equipo extintor de arco, apertura de transformadores de corriente en secundarios con carga, manipulación indebida de equipos de medida, materiales o herramientas olvidadas en gabinetes, acumulación de óxido o partículas conductoras, descuidos en los trabajos de mantenimiento.			
CONSECUENCIAS: Incapacidad temporal (>1 día) a personal operativo, Daños severos, Interrupción temporal servicio y Contaminación localizada por liberación de aceite o gases tóxicos.			
FRECUENCIA: Ha ocurrido en el sector			
CONSECUENCIAS: 3 FRECUENCIA: D NIVEL DE RIESGO EVALUADO: MEDIO			
COL OR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Medio	A c c e p t a r l o . Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta.			

RIESGO A EVALUAR :	MUERTE por				CONTACTO DIRECTO (al) o (en)		CENTRO DE TRANSFORMACION			
	EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE			
	POTENCIAL		REAL		X	FRECUENCIA				
C O N S E C U E N C I A S	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO		ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

POSIBLES CAUSAS: Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad.			
CONSECUENCIAS: Uno o más muertes de personal operativo, Daño grave en infraestructura e Interrupción regional del servicio, Contaminación irreparable.			
FRECUENCIA: Ha ocurrido en el sector			
CONSECUENCIAS: 5 FRECUENCIA: D NIVEL DE RIESGO EVALUADO: ALTO			
COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Alto	Minimizarlo. Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Establecer distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble			

RIESGO A EVALUAR :	QUEMADURAS por				CONTACTO INDIRECTO		(al) o (en)		CENTRO DE TRANSFORMACION	
	EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE			
	POTENCIAL		X	REAL		FRECUENCIA				
C O N S E C U E N C I A S	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Uno o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MUY BAJO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.			
CONSECUENCIAS: Incapacidad temporal (>1 día) a personal operativo, Daños severos. Interrupción temporal servicio.			
FRECUENCIA: Ha ocurrido en el sector			
CONSECUENCIAS: 3 FRECUENCIA: D NIVEL DE RIESGO EVALUADO: MEDIO			
COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Medio	Aceptario. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo.			

RIESGO A EVALUAR:		QUEMADURAS		por	CORTOCIRCUITO		(al) o (en)	CENTRO DE TRANSFORMACION		
		EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)				FUENTE		
POTENCIAL		REAL		X	FRECUENCIA					
					E	D	C	B	A	
En personas		Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO		MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos

CONSECUENCIAS: Incapacidad parcial permanente, Daños mayores, Salida de Subestación, Contaminación mayor.

FRECUENCIA: Ha ocurrido en el sector

CONSECUENCIAS: 4 FRECUENCIA: D NIVEL DE RIESGO EVALUADO: MEDIO				
COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS	
	Medio	Aceptario. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.	

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.

RIESGO A EVALUAR:		por			EQUIPO DEFECTUOSO		(al) o (en)		CENTRO DE TRANSFORMACION		
		QUEMADURAS			FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE				
EVENTO O EFECTO											
POTENCIAL		X	REAL		FRECUENCIA						
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A	
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

POSIBLES CAUSAS: Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.

CONSECUENCIAS: Incapacidad temporal (>1 día) a personal operativo, Daños severos. Interrupción temporal servicio y Contaminación localizada por liberación de aceite o gases tóxicos.

FRECUENCIA: Ha ocurrido en el sector

CONSECUENCIAS: 3 FRECUENCIA: D NIVEL DE RIESGO EVALUADO: MEDIO				
COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS	
	Medio	Aceptario. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.	

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.

RIESGO A EVALUAR :		QUEMADURAS		por	RAYO		(al) o (en)	DESCARGAS ATMOSFERICAS		
		EVENTO O EFECTO			FACTOR DE RIESGO (CAUSA)			FUENTE		
POTENCIAL			REAL		X	FRECUENCIA				
En personas		Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
CONSECUENCIAS	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO		MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

POSIBLES CAUSAS: Fallas en: el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección contra rayos			
CONSECUENCIAS: Incapacidad parcial permanente, Daños mayores, Salida de Subestación, Contaminación mayor.			
FRECUENCIA: Ha ocurrido en el sector			
CONSECUENCIAS: 4 FRECUENCIA: D NIVEL DE RIESGO EVALUADO: MEDIO			
COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Medio	A c e p t a r i o . Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Pararrayos, bajantes, puestas a tierra, equipotencialización, apantallamientos, topología de cableados. Además suspender			

RIESGO A EVALUAR:	QUEMADURAS por		TENSION DE CONTACTO		(al) o (en)		CENTRO DE TRANSFORMACION			
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE					
POTENCIAL		X	REAL		FRECUENCIA					
En personas		Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa	E	D	C	B	A	
					No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSUECINAS	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad.			
CONSECUENCIAS: Incapacidad temporal (>1 día) a personal operativo, Daños severos. Interrupción temporal servicio y Contaminación localizada por liberación de aceite o gases tóxicos.			
FRECUENCIA: Ha ocurrido en el sector			
CONSECUENCIAS: 3 FRECUENCIA: D NIVEL DE RIESGO EVALUADO: MEDIO			
COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Medio	A c e p t a r i o . Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.			

RIESGO A EVALUAR:		QUEMADURAS por			TESNION DE PASO (al) o (en)			TRANSFORMADOR		
		EVENTO O EFECTO			FACTOR DE RIESGO (CAUSA)			FUENTE		
POTENCIAL		X	REAL		FRECUENCIA					
CONSECUENCIAS CUALITATIVAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MUY BAJO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas, retardo en el despeje de la falla,			
CONSECUENCIAS: Incapacidad temporal (>1 día) a personal operativo, Daños severos. Interrupción temporal servicio y Contaminación localizada por liberación de aceite o gases tóxicos.			
FRECUENCIA: Ha ocurrido en el sector			
CONSECUENCIAS: 3 FRECUENCIA: D NIVEL DE RIESGO EVALUADO: MEDIO			
COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Medio	Aceptatorio. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.			

RIESGO A EVALUAR:	QUEM ADURAS				CONTACTO INDIRECTO		(al) o (en)			SALA DE INVERSORES	
	EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO (CAUSA)					FUENTE	
	POTENCIAL	X	REAL		FRECUENCIA						
						E	D	C	B	A	
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS CÍCLICAS	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.			
CONSECUENCIAS: Incapacidad temporal (>1 día) a personal operativo, Daños severos. Interrupción temporal servicio.			
FRECUENCIA: Ha ocurrido en el sector			
CONSECUENCIAS: 3 FRECUENCIA: D NIVEL DE RIESGO EVALUADO: MEDIO			
COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Medio	Aceptatorio. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo.			

RIESGO A EVALUAR:	QUEMADURAS por				CORTOCIRCUITO (al) o (en)			SALA DE INVERSORES		
	EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO (CAUSA)			FUENTE		
POTENCIAL		REAL		X	FRECUENCIA					
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO		MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos			
CONSECUENCIAS: Incapacidad parcial permanente, Daños mayores, Salida de Subestación, Contaminación mayor.			
FRECUENCIA: Ha ocurrido en el sector			
CONSECUENCIAS: 4 FRECUENCIA: D NIVEL DE RIESGO EVALUADO: MEDIO			
COL OR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Medio	A c c e p t a r i o . Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.			

RIESGO A EVALUAR:	QUEMADURAS por				EQUIPO DEFECTUOSO (al) o (en)			SALA DE INVERSORES		
	EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO (CAUSA)			FUENTE		
	POTENCIAL		X	REAL		FRECUENCIA				
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

POSIBLES CAUSAS: Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.			
CONSECUENCIAS: Incapacidad temporal (>1 día) a personal operativo, Daños severos. Interrupción temporal servicio y Contaminación localizada por liberación de aceite o gases tóxicos.			
FRECUENCIA: Ha ocurrido en el sector			
CONSECUENCIAS: 3 FRECUENCIA: D NIVEL DE RIESGO EVALUADO: MEDIO			
COL OR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Medio	Aceptatorio. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.			

RIESGO A EVALUAR:		QUEMADURAS		por		RAYO		(al) o (en)		SALA DE INVERSORES	
		EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO (CAUSA)				FUENTE	
POTENCIAL		REAL		X		FRECUENCIA					
						E	D	C	B	A	
En personas		Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO		MEDIO	ALTO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

POSIBLES CAUSAS: Fallas en: el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección contra rayos			
CONSECUENCIAS: Incapacidad parcial permanente, Daños mayores, Salida de Subestación, Contaminación mayor.			
FRECUENCIA: Ha ocurrido en el sector			
CONSECUENCIAS: 4 FRECUENCIA: D NIVEL DE RIESGO EVALUADO: MEDIO			
COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Medio	Aceptario. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Pararrayos, bajantes, puestas a tierra, equipotencialización, apantallamientos, topología de cableados. Además suspender			

RIESGO A EVALUAR:		QUEMADURAS		por		TENSION DE CONTACTO		(al) o (en)		SALA DE INVERSORES		
EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE								
POTENCIAL		X		REAL				FRECUENCIA				
								E		D		
								C		B		
								A				
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa				No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO		
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO		
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO		
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO		
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO		

POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad.			
CONSECUENCIAS: Incapacidad temporal (>1 día) a personal operativo, Daños severos. Interrupción temporal servicio.			
FRECUENCIA: Ha ocurrido en el sector			
CONSECUENCIAS: 3 FRECUENCIA: D NIVEL DE RIESGO EVALUADO: MEDIO			
COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Medio	Aceptario. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.			

RIESGO A EVALUAR:		QUEMADURAS		por		TESNION DE PASO		(al) o (en)		SALA DE INVERSORES	
		EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO (CAUSA)				FUENTE	
POTENCIAL		X	REAL				FRECUENCIA				
						E	D	C	B	A	
En personas		Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas, retardo en el despeje de la falla,			
CONSECUENCIAS: Incapacidad temporal (>1 día) a personal operativo, Daños severos. Interrupción temporal servicio.			
FRECUCIA: Ha ocurrido en el sector			
CONSECUENCIAS: 3 FRECUCIA: D NIVEL DE RIESGO EVALUADO: MEDIO			
COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Medio	Aceptario. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.			

RIESGO A EVALUAR:		DAÑO FÍSICO por			CONTACTO DIRECTO (al) o (en)			MESAS FOTOVOLTAICAS			
		EVENTO O EFECTO			FACTOR DE RIESGO (CAUSA)			FUENTE			
POTENCIAL		X			REAL			FRECUCENCIA			
En personas		Económicas		Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
							No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
CONSECUENCIAS	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.		Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación		Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal		Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve		Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción		Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

POSIBLES CAUSAS: impericia de técnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad.			
CONSECUENCIAS: Molestia Funcional, Daños Leves, no Interrupción			
FRECUCIA: Ha ocurrido en el sector			
CONSECUENCIAS: 1 FRECUCIA: D NIVEL DE RIESGO EVALUADO: BAJO			
COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Bajo	Minimizarlo. Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Establecer distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble			

RIESGO A EVALUAR:	RIESGO FÍSICO por				CONTACTO INDIRECTO		(al) o (en)		MESAS FOTOVOLTAICAS	
	EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE			
	POTENCIAL		X	REAL		FRECUENCIA				
C O N S E C U E N C I A S	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
A S	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.			
CONSECUENCIAS: Molestia Funcional, No Interrupción, Sin efecto			
FRECUENCIA: Ha ocurrido en el sector			
CONSECUENCIAS: 1 FRECUENCIA: D NIVEL DE RIESGO EVALUADO: BAJO			
COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Bajo	Aceptatorio. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Usar elementos de protección, guantes, gafas. Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y			

RIESGO A EVALUAR:	QUEMADURAS			por	CORTOCIRCUITO			(al) o (en)	MESAS FOTOVOLTAICAS		
	EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO (CAUSA)				FUENTE		
C O N S E C U E N C I A S	POTENCIAL		X	REAL			FRECUENCIA				
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A	
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos			
CONSECUENCIAS: Lesión Menor sin Incapacidad, Daño menor, sin interrupción, Contaminación local			
FRECUENCIA: No Ha ocurrido en el sector			
CONSECUENCIAS: 2 FRECUENCIA: E NIVEL DE RIESGO EVALUADO: BAJO			
COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Bajo	Aceptatorio. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.			

RIESGO A EVALUAR:		QUEMADURAS por EQUIPO DEFECTUOSO (al) o (en) MESAS FOTOVOLTAICAS								
		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)								
EVENTO O EFECTO		FUENTE								
POTENCIAL		X	REAL		FRECUENCIA					
CONSECUENCIAS U E N C I A S	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

POSIBLES CAUSAS: Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.			
CONSECUENCIAS: Lesión menor (sin incapacidad) Daños Levas. Interrupción breve y efecto menor			
FRECUENCIA: Ha ocurrido en el sector			
CONSECUENCIAS: 2 FRECUENCIA: D NIVEL DE RIESGO EVALUADO: BAJO			
COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Bajo	Aceptario. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP).	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.			

RIESGO A EVALUAR:		QUEMADURAS		por		RAYO		(al) o (en)		MESAS FOTOVOLTAICAS											
		EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)								FUENTE									
POTENCIAL				REAL		X		FRECUENCIA													
								E		D		C		B		A					
		En personas		Económicas		Ambientales		En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector		Ha ocurrido en el sector		Ha ocurrido en la Empresa		Sucede varias veces al año en la Empresa		Sucede varias veces al mes en la Empresa			
CONSECUENCIAS		Una o más muertes		Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.		Contaminación irreparable		Internacional		5		MEDIO		ALTO		ALTO		ALTO		MUY ALTO	
		Incapacidad parcial permanente		Daños mayores. Salida de Subestación		Contaminación mayor		Nacional		4		MEDIO		MEDIO		MEDIO		ALTO		ALTO	
		Incapacidad temporal (>1 día)		Daños severos. Interrupción temporal		Contaminación localizada		Regional		3		BAJO		MEDIO		MEDIO		MEDIO		ALTO	
		Lesión menor (sin incapacidad)		Daños Importantes. Interrupción breve		Efecto menor		Local		2		BAJO		BAJO		MEDIO		MEDIO		MEDIO	
		Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)		Daños leves. No interrupción		Sin efecto		Interna		1		MUY BAJO		BAJO		BAJO		BAJO		MEDIO	

POSIBLES CAUSAS: Fallas en: el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección contra rayos			
CONSECUENCIAS: Incapacidad parcial permanente, Daños mayores, Salida de Subestación, Contaminación mayor.			
FRECUENCIA: No ha ocurrido en el sector			
CONSECUENCIAS: 4 FRECUENCIA: E NIVEL DE RIESGO EVALUADO: MEDIO			
COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Medio	Aceptario. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP).	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puestas a tierra, equipotencialización, apantallamientos, topología de cableados. Además suspender actividades de alto riesgo, cuando se tenga personal al aire libre.			

RIESGO A EVALUAR:	QUEMADURAS		por		PENSIÓN DE CONTACTO		(al) o (en)		MESAS FOTOVOLTAICAS		
	EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO (CAUSA)				FUENTE		
CONSECUENCIAS	POTENCIAL		X	REAL			FRECUENCIA				
							E	D	C	B	A
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa			No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO		

POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad.			
CONSECUENCIAS: Incapacidad temporal (>1 día) a personal operativo, Daños severos. Interrupción temporal servicio y Contaminación localizada			
FRECUENCIA: Ha ocurrido en el sector			
CONSECUENCIAS: 3 FRECUENCIA: E NIVEL DE RIESGO EVALUADO: BAJO			
COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Bajo	Aceptario. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolo los, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.			

RIESGO A EVALUAR:	QUEMADURAS por		TESNION DE PASO (al) o (en)		MESAS FOTOVOLTAICAS				
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE				
POTENCIAL	X	REAL			FRECUENCIA				
					E	D	C	B	A
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
C O N S E C U E N C I A S	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO

POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas, retardo en el despeje de la falla,			
CONSECUENCIAS: Incapacidad temporal (>1 día) a personal operativo, Daños severos. Interrupción temporal servicio y Contaminación localizada			
FRECUENCIA: Ha ocurrido en el sector			
CONSECUENCIAS: 3 FRECUENCIA: E NIVEL DE RIESGO EVALUADO: MEDIO			
COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Medio	Aceptario. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.			

9.2. Análisis de riesgos por descargas eléctricas atmosféricas (rayos) y medidas de protección.

El análisis del nivel de riesgo para establecer las medidas de protección contra descargas atmosféricas de los módulos fotovoltaicos, edificios, estructuras de soporte, componentes y equipos de la planta fotovoltaica, deberá realizarse de acuerdo con las normas NTC 4552 o IEC 62305-2/2010, dando cumplimiento con lo indicado en el Artículo 3.13.1.1 del RETIE 2024.

Dependiendo de los resultados del análisis de riesgo, se implementará el sistema de protección contra descargas atmosféricas que mejor se adapte a las características de las estructuras.

Los bajantes del sistema de apantallamiento se deben unir con la malla de puesta a tierra general del parque solar, de manera que se garantice el mismo potencial para ambos sistemas en caso de fenómenos atmosféricos o ante cortocircuitos. Por ésta misma razón, el refuerzo estructural de edificios deberá estar conectado también al sistema de puesta a tierra.

Se debe hacer una correcta equipotencialización de todas las partes metálicas de las estructuras del proyecto, con el fin de evitar descargas peligrosas debido a corrientes de impacto directo de rayo o inducidas.

El diseño e instalación del sistema de apantallamiento deberá cumplir los requerimientos descritos en el Título 13 del RETIE 2024.

Es recomendable disponer de sistemas de aviso de tormenta, con el fin de avisar a los operadores y personal en el área de la proximidad de tormenta eléctrica, para evacuar la zona o tomar las medidas de seguridad necesarias, acorde al análisis del nivel de riesgo.

En caso de que el análisis de riesgo determine la necesidad de implementar un sistema integral de protección contra rayos y sobretensiones, las puntas captadoras deberán disponerse de tal manera que no afecten el correcto funcionamiento e integridad de los módulos fotovoltaicos y de tal manera que no genere sombreado significativo sobre los mismos.

Las estructuras metálicas que soportan los módulos fotovoltaicos deberán estar conectados al sistema de puesta a tierra y adicionalmente equipotencializados entre sí de acuerdo con la norma IEC 62305-3.

El sistema de protección contra rayos deberá incluir DPS para protección contra sobretensiones, seleccionados y dimensionados acorde con el estudio de análisis de riesgo, el cual dictaminará el tipo de DPS tanto para corriente continua (de aplicación fotovoltaica) como para corriente alterna; bajo la normativa aplicable IEC 61643- 32:2018

9.2.1. Protección contra descargas atmosféricas

El rayo es un fenómeno meteorológico de origen natural, cuyos parámetros son variables espacial y temporalmente. Los sistemas de protección contra descargas atmosféricas tienen como objetivo propender por la seguridad de las personas, equipos y mitigar los riesgos asociados con la exposición directa e indirecta a los rayos.

De acuerdo con la norma NTC 4552, el primer paso para diseñar el apantallamiento de una estructura o de una instalación es realizar una evaluación de riesgo por rayos según los tipos de pérdida en las condiciones en que se encuentra la estructura o edificación antes de tomar medidas de protección.

Los valores obtenidos de la evaluación inicial se comparan con los valores típicos de riesgo tolerable. De esta comparación si dichos valores obtenidos son mayores que los valores típicos tolerables se proceden a tomar medidas de protección seleccionando el Nivel de Protección contra Rayos NPR el cual se debe ajustar de manera que permita disminuir el riesgo hasta obtener valores menores o iguales a los valores típicos de riesgo tolerable.

9.2.2. Evaluación del nivel de riesgo

La evaluación de riesgo es el elemento más importante en el diseño de un sistema de protección contra rayos pues con este se selecciona el Nivel de Protección contra Rayos NPR que cumpla con las necesidades particulares de la edificación o estructura.

Los parámetros del rayo han sido medidos y registrados obteniendo datos estadísticos los cuales permiten establecer un indicador conocido como Densidad de Descargas a Tierra DDT el cual se establece como el promedio anual de descargas atmosféricas por kilómetro cuadrado, este dato es primordial para la

evaluación del riesgo, pues permite determinar el número de eventos peligrosos de acuerdo con las características de la estructura a proteger.

De acuerdo con la norma NTC 4552-1 Anexo A, Figura A.10: la DDT la cantidad de descargas atmosféricas al año por metro cuadrado para la ubicación de la planta fotovoltaica en Sampués es de 3 rayo/km²/año.

De acuerdo con la norma NTC 4552-2 se manejan diferentes tipos de riesgos correspondientes a las pérdidas que se puedan presentar debido a una descarga atmosférica. Estos riesgos son:

- R1: Riesgo de pérdida de vidas humanas.
- R2: Riesgo de pérdida de servicios públicos domiciliarios.
- R3: Riesgo de pérdida de patrimonio cultural.
- R4: Riesgo de pérdida de valor económico en la estructura.

Una vez se determinen este valor de riesgo, se debe comparar con los niveles de riesgo tolerables RT establecidos en la norma NTC 4552-2.

Tipo de Pérdida	R_t
Pérdida de vidas o lesiones permanentes (R1)	10^{-5}
Pérdida de servicio público (R2)	10^{-3}
Pérdida de patrimonio cultural (R3)	10^{-3}
Pérdida económica (R4)	10^{-2}

Tabla 7. Tipos de pérdida por descargas atmosféricas

La protección contra rayo es necesaria si el riesgo (R1) es mayor que el nivel tolerable RT

$$R > R_t$$

En este caso la medida de protección será adoptada en orden de reducir el riesgo (R1 o R2) al nivel tolerable RT.

$$R \leq R_t$$

En la siguiente figura se muestra el procedimiento establecido por la norma NTC 4552 2 para determinar la necesidad de utilizar un sistema de protección contra rayos en una estructura o instalación dada.



Figura 11. Procedimiento para decisión de necesidad de protección

9.2.3. Resultados del cálculo

La evaluación del nivel de riesgo se realizó en el software de simulación IEC Risk Assessment, cuya metodología se basa en la norma IEC 62305-2. A continuación, se presentan los resultados con base a las dimensiones aproximadas de utilización del terreno a intervenir el cual es de 5504 metros cuadrados:

The screenshot displays the IEC Risk Assessment software interface. It is divided into several sections for data entry and results.

Dimensiones de la estructura:

- Longitud de la estructura (m): 88
- Anchura de la estructura (m): 64
- Altura del plano del tejado (m)*: 4
- Altura del mayor saliente del tejado (m)*: 4
- * Medido desde la tierra
- Área de colección (m2): 9.556 m2

Características de la estructura:

- Riesgo de incendio y daños físicos: Normal
- Eficacia del apantallamiento: Media
- Tipo de cableado interno: Apantallado

Influencia ambiental:

- Situación respecto a los alrededores: Altura similar
- Factor ambiental: Rural
- Nº de días de tormenta: 30 days/year
- Densidad anual equivalente de rayos: 3.0 flashes/km2
- Ver mapa isocerámico: Ver Mapa

Líneas de conducción eléctrica:

- Línea eléctrica:
 - Línea que llega a la estructura: Cable enterrado
 - Tipo de cable externo: Apantallado
 - Existencia de transformador MT/BT: Transformador
- Otros servicios adyacentes:
 - Número de servicios conducidos: 0
 - Tipo de cable externo: No apantallado
- Otros servicios enterrados:
 - Número de servicios conducidos: 0
 - Tipo de cable externo: No apantallado

Medidas de protección:

- Clase de SPCR: Sin SPCR
- Protección contra incendios: Sin medidas
- Protección contra sobretensiones: Sólo en entrada de servicios

Tipo de las pérdidas:

- Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:
 - Riesgos especiales para la vida: Sin riesgos especiales
 - Por incendios: Otras estructuras
 - Por sobretensiones: No aplica
- Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:
 - Por incendios: Suministro eléctrico
 - Por sobretensiones: Suministro eléctrico
- Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:
 - Por incendios: Sin valor histórico
- Tipo 4 - Pérdidas económicas:
 - Riesgos económicos especiales: Sin riesgos especiales
 - Por incendios: Otras estructuras
 - Por sobretensiones: Otras estructuras
 - Por tensión de paso/contacto: Ganado en el interior
 - Riesgo tolerable de pérd. econó.: 1 en 10 años

Riesgos calculados:

	Riesgo Pérdidas (m2)		Riesgo imp. Pérdidas (m2)		Riesgo imp. Pérdidas (m2)		Riesgo Pérdidas (m2)
Pérdidas de vidas humanas:	1,00E-05	=>	1,45E-06	+	2,68E-07	=	1,72E-06
Pérdidas de serv. públicos:	1,00E-03	=>	1,58E-05	+	2,16E-05	=	3,74E-05
Pérdidas de patrimonio:	1,00E-03	=>	0,00E+00	+	0,00E+00	=	0,00E+00
Pérdidas económicas:	1,00E-01	=>	1,72E-05	+	5,05E-06	=	2,23E-05

IEC

Este cálculo del índice de riesgo de IEC pretende orientar en el análisis de diversos criterios que determinan el riesgo de pérdidas debidas al rayo. No es posible cubrir todos los elementos especiales de una estructura que puedan hacer que sufra más o menos daños debidos al rayo. En casos especiales hay factores económicos y personales que podrían ser muy importantes y considerarse junto con el índice obtenido mediante este herramienta. Se pretende que este programa se utilice en combinación con la versión escrita de la norma IEC62305-2.

Cálculos

Topico: 01 | Database: v1.0.1 | Map: SPAIN01K | 31/10/2015

Figura 12. Datos ingresados IEC Risk Assessment

The screenshot displays the 'Calculador del índice de riesgo de IEC. Resultados calculados...' window. It shows the 'Impactos de rayo o las áreas de colección' tab.

Resultados del área de colección:

- Ad - Área de colección de impactos directos a la estructura: 9.556 m2
- Nd - número medio de impactos directos a la estructura por año: 0.014 flashes/year
- Am - Área de colección de la estructura afectada por sobretensiones inducidas por impactos indirectos: 276.954 m2
- Nm - número de impactos directos a tierra o a objetos cercanos a la estructura conectados a tierra que inducen sobretensiones: 0.016 flashes/year
- Ac1 - Área de colección de las líneas aéreas a impactos directos: 35.968 m2
- NL1 - número medio de impactos directos por año a las líneas aéreas que sean potencialmente peligrosas: 0.053 flashes/year
- AT1 - Área de colección de la línea aérea a los impactos indirectos: 1.000.000 m2
- NT1 - número medio impactos directos anuales a la línea aérea que pueda causar daños por sobretensiones: 3.000 flashes/year
- Ac2 - Área de colección de la línea enterrada a impactos directos: 22.092 m2
- NL2 - número esperado de impactos directos anuales a la línea enterrada que sean potencialmente peligrosos: 0.033 flashes/year
- AT2 - Área de colección de la línea enterrada a impactos indirectos: 593.017 m2
- NT2 - número de impactos indirectos anuales a la línea enterrada que induzcan sobretensiones peligrosas: 1.677 flashes/year

IEC

Este cálculo del índice de riesgo de IEC pretende orientar en el análisis de diversos criterios que determinan el riesgo de pérdidas debidas al rayo. No es posible cubrir todos los elementos especiales de una estructura que puedan hacer que sufra más o menos daños debidos al rayo. En casos especiales hay factores económicos y personales que podrían ser muy importantes y considerarse junto con el índice obtenido mediante este herramienta. Se pretende que este programa se utilice en combinación con la versión escrita de la norma IEC62305-2.

Impresión

Figura 13. Resultados de impactos de rayos

Calculador del índice de riesgo de IEC. Resultados calculados...

Impactos de rayo a las áreas de colección

Categorías de las pérdidas

Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:

RA1 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a la estructura	1.43E-06
RB1 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura	1.43E-06
RC1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura	0.00E+00
RM1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura	0.00E+00
RU1 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a las líneas	2.89E-07
RV1 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas	2.89E-07
RV1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas	0.00E+00
RZ1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas	0.00E+00

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:

RB2 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura	1.43E-06
RC2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura	1.43E-06
RM2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura	0.00E+00
RV2 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas	2.89E-07
RV2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas	6.63E-06
RZ2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas	6.58E-06

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:

RB3 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura	0.00E+00
RV3 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas	0.00E+00

Tipo 4 - Pérdidas económicas:

RA4 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a la estructura	1.43E-06
RB4 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura	1.43E-06
RC4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura	1.43E-06
RM4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura	0.00E+00
RU4 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a las líneas	2.89E-07
RV4 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas	2.89E-06
RV4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas	6.63E-06
RZ4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas	6.58E-07

Imprimir...

Figura 14. Categorías de las pérdidas por descargas a tierra

De acuerdo con los resultados obtenidos en el software, se verifica que los riesgos calculados son inferiores a los tolerables, por lo que no se requiere de un sistema de apantallamiento contra descargas atmosféricas, adicional a los DPS instalados en el transformador y en el punto de afloramiento de la red MT.

El cálculo de protecciones contra sobretensiones del sistema de generación fotovoltaica se realizará de acuerdo con lo establecido en la norma IEC 60364-7 712:2017, suponiendo una densidad de descargas a tierra (DDT) N_g de 3 descargas/km²/año. Si se cumple con la relación $L < L_{crit}$, entonces la instalación no requiere el uso de dispositivos de protección contra sobretensión.

Para una distancia máxima de la cadena más extensa en DC de $L = 70m$ hasta el inversor, tenemos que, según la tabla 712-1 de la norma antes descrita:

$$L_{crit} = \frac{200}{N_g} = \frac{200}{3} = 66.6m$$

Como $L < L_{crit}$ no se cumple, el sistema fotovoltaico necesita la instalación de DPS Clase II a la entrada del inversor y clase I en el tablero de salida del inversor.

9.3. Análisis y cálculo de cargas iniciales y futuras, incluyendo factor de potencia y armónicos.

Gracias a que se está planteando un sistema de autogeneración fotovoltaica sin inyección de energía a la red de OR, las cargas serían las presentes dentro del proyecto de la PTAP, ya que dichas cargas son las que se pretenden alimentar por medio de la generación fotovoltaica en horas del día y que se encuentran descritas en el análisis de la demanda al principio de esta memoria de cálculo. Sin embargo, se incluyen los datos asociados a los armónicos aportados por los equipos de generación (inversores) los cuales están en las fichas técnicas suministradas.

		Output
Nominal AC Active Power		100,000 W
Max. AC Apparent Power		110,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)		110,000 W
Nominal Output Voltage		400 V/ 480 V, 3W+(N)+PE
Rated AC Grid Frequency		50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current		144.4 A @ 400 V, 120.3 A @ 480 V
Max. Output Current		160.4 A @ 400 V, 133.7 A @ 480 V
Adjustable Power Factor Range		0.8 leading.. 0.8 lagging
Max. Total Harmonic Distortion		< 3%

Figura 15. Distorsión armónica del inversor a utilizar

9.4. Coordinación de aislamiento eléctrico.

La coordinación de aislamiento eléctrico no aplica para los niveles de tensión existentes en el sistema de autogeneración, debido a que los materiales y equipos utilizados ya cuentan con un único nivel de aislamiento.

9.5. Análisis y cálculos de cortocircuito, arco eléctrico y falla a tierra.

Los cálculos de corrientes de cortocircuito se realizan basados en la norma IEC 60909 titulada como “Cálculo de corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos AC”, con el fin de estimar la máxima corriente de cortocircuito.

Para el cálculo de esta corriente se considera que la tensión en el punto de falla en el momento en que ocurre la falla es de 1,10 p.u.; esta corriente sirve de base para determinar la capacidad de cortocircuito de los equipos eléctricos. Para la corriente mínima de cortocircuito se toma la tensión en 1,0 p.u.; esta corriente se toma como base para el estudio de coordinación de protecciones.

Los resultados de los Cálculos de Cortocircuito se presentan en diagramas unifilares similares a los empleados para presentar los flujos de carga del Análisis de Estado Estacionario, y contienen, para cada falla, el valor de la corriente simétrica inicial de cortocircuito (I''_K), la cual es el valor RMS de la componente simétrica de la corriente de cortocircuito esperada y que aparece en el instante de la falla (asumiendo una impedancia de falla constante).

También se presenta la potencia aparente inicial simétrica (S''_K) que corresponde a la siguiente expresión:

$$S''_K = \sqrt{3}U_n I''_K$$

Para este proyecto, la estimación de la corriente de cortocircuito se realizó mediante un estudio de las corrientes de falla monofásica y trifásica calculadas en el sistema de distribución local del Operador de Red.

9.6. Análisis del nivel de tensión requerido.

Los niveles de tensión requeridos están definidos por los equipos a utilizar y las características de la red de distribución de la comunidad. La Tabla 8 presenta los niveles de tensión típicos para el sistema.

ORIGEN	TENSIÓN
Arreglos al inversor	1000 VDC
Salida del inversor	480 VAC
Entrada al transformador	480 VAC
Salida de transformador	13.2 kVAC

Tabla 8. Niveles de tensión

9.7. Cálculos de campos electromagnéticos.

Conforme el artículo 3.11.2 del anexo general del RETIE 2024, este análisis debe realizarse al diseño de líneas y/o subestaciones con tensiones superior a 100 kV o conductores con corrientes mayores a 1000 A. Este proyecto se encuentra en niveles de tensión y corriente menores, por lo tanto, no requiere un cálculo de campos electromagnéticos.

9.8. Cálculo de transformadores incluyendo efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.

De acuerdo con la naturaleza del sistema de autogeneración y los requisitos de conexión a la red de distribución, el transformador de distribución a utilizar debe cumplir con las siguientes características:

CARACTERÍSTICA	VALOR
Tensión en el primario	480 VAC
Tensión en el secundario	13.2 kVAC
Capacidad	300 kVA
Tipo de aislamiento	Aceite

Tabla 9. Características del transformador elevador

Asumimos un factor de potencia de la carga de 0,95. Para el proyecto, se utilizará un transformador tipo pedestal (Transformador elevador) instalado fuera del cuarto de equipos.

9.9. Sistema de puesta a tierra

Para el diseño del sistema de puesta a tierra para el sistema de autogeneración fotovoltaica, se debe cumplir con las siguientes características y especificaciones técnicas:

9.9.1. Características técnicas del sistema de puesta a tierra.

Los materiales de la malla de tierra deberán cumplir las características indicadas en el Artículo 3.12.2 del RETIE 2024.

El diseño del sistema de puesta a tierra de los módulos fotovoltaicos deberá seguir las indicaciones del artículo 690 de la norma NTC 2050.

El calibre de los conductores enterrados será determinado en la memoria de cálculo respectiva y deberá ser igual o superior a 3/0 AWG (85,02 mm²), siguiendo las recomendaciones de la norma NTC 2050.

Estos cables serán fabricados con alambre de cobre suave, electrolítico, recocido, sin estañar, de no menos de 19 hilos trenzados en capas concéntricas y deberán cumplir con los requisitos establecidos en la norma ASTM – B8 “Standard Specification for Concentric-Lay-Stranded Copper Conductors, Hard, Medium-Hard, or Soft” o alternativamente en cable Copper-clad Steel (CCS) de acero con recubrimiento de cobre soldado (ACS) o recubrimiento electrolítico.

Se debe hacer una correcta equipotencialización de todas las partes metálicas de la estructura de acuerdo con las recomendaciones dadas en el Título 12 del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE 2024.

Todas las conexiones que se deriven de la retícula principal de puesta a tierra enterrada se harán con soldadura exotérmica. Si al inspeccionar la soldadura se encuentra porosa o floja, la misma deberá ser repetida y su costo será asumido por el contratista.

Los terminales de las colas de conexión a estructuras y equipos se harán con conectores bimetálicos o de aleaciones que no generen corrosión. Adicionalmente deberán estar certificadas de acuerdo con lo establecido en el RETIE 2024, o en su defecto con una norma de reconocimiento internacional.

Las varillas de puesta a tierra deben cumplir con lo requerido en la norma ANSI – UL 467 “Standard for grounding and bonding equipment”, con certificado RETIE.

Por requerimiento del RETIE 2024, todas las puestas a tierra del sistema deben estar interconectadas, con el fin de evitar la aparición de potenciales transferidos o diferencias de potencial.

Asegurar la integridad física de cualquier persona que pueda encontrarse en las inmediaciones del parque solar al momento de producirse una falla, mediante la limitación de las tensiones de paso y de contacto.

Se recomienda una resistencia de tierra de valor bajo (si es posible inferior a 10 Ω medida a baja frecuencia), de acuerdo con la recomendación IEC 62305-3.

9.9.2. Parámetros básicos de diseño.

A continuación, se definen los parámetros requeridos para el diseño de la malla de puesta a tierra.

Características	Unidad	Valores
Resistividad del terreno primera capa (ρ)	$\Omega \cdot m$	1318

Espesor de la primera capa	m	0.2
Resistividad del terreno segunda capa (ρ)	$\Omega \cdot m$	8
Resistividad superficial del granito triturado (ρ_s)	$\Omega \cdot m$	1318
Numero de varillas	-	4
Tiempo máximo de duración de la corriente de falla, (t_c)	S	0.5
Corriente de corto circuito	kA	3.8
Profundidad de enterramiento de la malla (h)	m	0.6

Tabla 10. Parámetros básicos de diseño del sistema de puesta tierra

- La resistividad del terreno se estimó mediante un modelo de dos capas, de acuerdo con un estudio de suelos realizado en el área de influencia de Coveñas, Sucre.
- Al tratarse de un suelo sin gravilla, se consideró la resistividad de la capa superficial igual a la primera capa del terreno.

9.9.3. Cálculo del área y diámetro del conductor que soporta la corriente de cortocircuito.

Para determinar la sección transversal del conductor se utiliza la siguiente fórmula:

$$A = \frac{I_g}{\sqrt{\left(\frac{TCAP * 10^{-4}}{t_c * \alpha_r * \rho_r}\right) * \ln\left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a}\right)}}$$

Donde.

A: Sección del conductor (mm^2).

I_g : Corriente de cortocircuito.

T_m : Temperatura máxima permisible en los núcleos de la malla ($^{\circ}C$).

T_a : Temperatura ambiente ($^{\circ}C$).

T_r : Temperatura de referencia para la constante del material ($^{\circ}C$).

α_r : Coeficiente térmico de resistividad a la temperatura de referencia, Tr ($^{\circ}C^{-1}$).

ρ_r : Resistividad del conductor de tierra a la temperatura de referencia, Tr ($\mu\Omega \cdot cm$).

K_0 : $1/\alpha_0$ ó $(1/\alpha_r) - Tr$, ($^{\circ}C$).

t_c : Tiempo máximo de duración de la corriente de falla (0.5 s).

TCAP: Factor de capacidad térmica, ($J/cm^3 \cdot ^{\circ}C$).

Estas características se encuentran en la norma IEEE Std 80.

Descripción	Conductividad del material (%)	α_r Factor a 20 °C (1/°C)	K_0 a 0 °C	Temperatura de fusión T_m (°C)	ρ_r a 20 °C ($\mu\Omega\cdot\text{cm}$)	TCAP Capacidad térmica ($\text{J}/(\text{cm}^3\cdot\text{C})$)
Cobre blando	100	0.00393	234	1083	1.72	3.42

Tabla 11. Constantes de materiales a la temperatura de referencia $T_r = 20\text{ °C}$

Parámetro para calcular	Unidad	Valor
Corriente de cortocircuito, I_g	A	3800
Tiempo máximo de cortocircuito, t_c	s	0.15
Temperatura de referencia del material, t_r	°C	20
Temperatura de fusión de la malla, t_m	°C	250
Coefficiente °C térmico de resistividad a temperatura de referencia, α_r	1/°C	0.00393
Temperatura ambiente, T_a	°C	30
Factor de capacidad térmica, $TCAP$	($\text{J}/(\text{cm}^3\cdot\text{C})$)	3.42
Resistividad del conductor de tierra a la temperatura de referencia, ρ_r	$\mu\Omega\cdot\text{cm}$	1.72
Constante del material, K_0	°C	234
Sección mínima del cable, A	mm²	83.44 (3/0 AWG)

Tabla 12. Sección mínima requerida conductor de puesta a tierra

El valor de la corriente de cortocircuito se seleccionó de acuerdo con un promedio de corrientes de falla monofásica calculadas en el sistema de AFINIA, más cercano al punto de conexión.

Si bien los cálculos estipulan un conductor con sección mínima 3/0 AWG en cobre, se debe tener en cuenta la tabla 250-94. Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de c.a.

Tabla 250-94. Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de c.a.

Sección Transversal del mayor conductor de acometida o su equivalente para conductores en paralelo				Sección transversal (calibre) del conductor al electrodo de puesta a tierra			
Cobre		Aluminio o aluminio recubierto de cobre		Cobre		Aluminio o aluminio revestido de cobre *	
mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o Kcmils	mm ²	AWG o Kcmils	mm ²	AWG o Kcmils
33,62 o menor	2 o menor	53,5 o menor	1/0 o menor	8,36	8	13,29	6
42,2 o 53,5	1 o 1/0	67,44 o 85,02	2/0 o 3/0	13,29	6	21,14	4
67,44 o 85,02	2/0 o 3/0	107,21 o 126,67	4/0 o 250 kcmil	21,14	4	33,62	2
107,21 hasta 177,34	4/0 hasta 350 kcmil	152,01 a 253,35	300 a 500 kcmil	33,62	2	53,50	1/0
202,68 a 304,02	400 a 600 kcmil	278,68 a 456,03	550 a 900 kcmil	53,50	1/0	85,02	3/0
329,35 a 557,37	650 a 1100 kcmil	506,70 a 886,73	1000 a 1 750 kcmil	67,44	2/0	107,21	4/0
608,04 y más	1200 kcmil y más	912,06 y más	1800 y más kcmil	85,02	3/0	126,67	250 kcmil

Por lo tanto, se escoge por mercado de comercialización el Cable 4/0 AWG Cu desnudo para la malla de puesta a tierra cumpliendo con la NTC2050.

9.9.4. Cálculo de las tensiones de paso y de contacto tolerables.

Las tensiones de paso y de contacto se determinan teniendo en cuenta las corrientes máximas tolerables por el cuerpo humano. La tensión de paso es la diferencia de potencial en la superficie, experimentada por una persona con los pies separados a una distancia de un metro. Por otro lado, la tensión de contacto es la diferencia de potencia que se genera del circuito equivalente formado por el cuerpo al tocar una estructura puesta a tierra.

Para determinar las tensiones tolerables se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$\text{Tensión de paso tolerable: } E_{P50} = \frac{(1000+6 \cdot C_s \cdot \rho_s)}{\sqrt{t_c}} * 0.116$$

Donde,

E_{P50} : Tensión de paso tolerable a un cuerpo de 50 kg (V).

ρ_s : Resistividad superficial del granito triturado (1318 $\Omega \cdot m$).

ρ : Resistividad del terreno (8 $\Omega \cdot m$).

t_c : Tiempo máximo de duración de la corriente de falla (0,15 s).

C_s : Factor de reducción.

$$\text{Tensión de contacto tolerable: } E_{C50} = \frac{(1000+1.5 \cdot C_s \cdot \rho_s)}{\sqrt{t_c}} * 0.116$$

Donde:

E_{C50} : Tensión de contacto tolerable a un cuerpo de 50 kg (V).

ρ_s : Resistividad superficial del granito triturado ($1318 \Omega \cdot m$).

t_c : Tiempo máximo de duración de la corriente de falla (0,15 s).

C_s : Factor de reducción.

9.9.5. Cálculo del GPR.

El valor del GPR es la tensión máxima de la malla de puesta a tierra que se puede presentar, relativa a la tierra remota y se calcula de la siguiente forma:

$$GPR = I_g * R_g$$

Donde,

I_g : Corriente máxima por la malla de puesta a tierra (A).

R_g : Resistencia de la malla de puesta a tierra (Ω).

Si el valor calculado para el GPR es mayor al valor de la tensión de contacto, E_{C50} , se procede a realizar los cálculos de la tensión de retícula.

9.9.6. Cálculo de la Tensión de retícula, E_m .

La tensión de retícula se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$E_m = \frac{\rho * K_m * K_i * I_g}{L_m}$$

Donde,

K_m : Factor de espaciamiento para la tensión de malla.

K_i : Factor de corrección por geometría de la malla.

ρ : Resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$).

I_g : Corriente máxima por la malla de puesta a tierra (A).

L_m : Longitud efectiva de la malla de tierra (cable y varillas enterradas) (m).

9.9.7. Cálculo de la Tensión de paso, E_s .

La tensión de paso se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$E_s = \frac{\rho * I_g * K_s * K_i}{0.75 + L_c + 0.85 + L_R}$$

Donde,

E_s : Tensión de paso (V).

K_s : Factor de geometría.

L_c : Longitud total de cable de la malla (m).

L_R : Longitud total de los electrodos enterrados (m).

K_i : Factor de corrección por geometría de la malla.

ρ : Resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$).

I_g : Máxima corriente de falla que fluye entre la malla de tierra y la tierra alrededor (A).

Si la tensión de paso E_s , está por debajo de los valores tolerables de tensión de paso y la tensión de retícula E_m , está por debajo de los valores permisibles de tensión de contacto, el diseño de la malla cumple con los requisitos estipulados en la norma IEEE 80 (en concordancia con el RETIE).

9.9.8. Resultados.

Mediante el software de ETAP se realizan los cálculos con base a los datos anteriormente presentados, con una distribución de la malla de la siguiente manera:

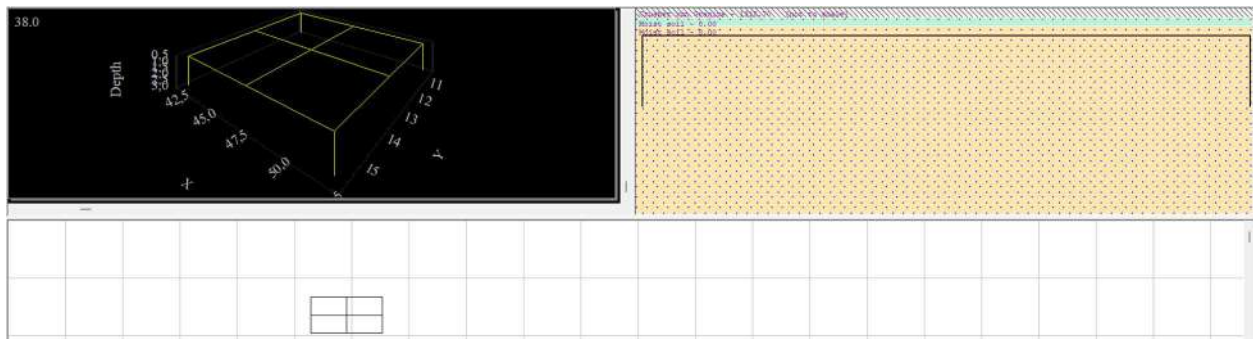


Figura 16. Malla SPT propuesta

IEEE Group Editor

Conductors | Rods

Grid Size

Lx 10 m

Ly 5 m

of Conductors

X Direction 3

Y Direction 3

Material Constants

Conductivity 100.0

Alpha Factor 0.00393

Ko Factor 234

Fusing Temperature 1083

Resistivity @ 20 C 1.72

Thermal Capacity 3.42

Conductors

Depth 0.6 m

Size 107.21 sq.mm

Type Copper, annealed soft-drawn

Cost .01 \$/m

Help OK Cancel

Figura 17. Geometría de la malla

GRD Analysis Alert View for GRD1

Summary and Alert

Result Summary

	Calculated Volts	Tolerable Volts
Touch	397.7	429.3
Step	307.1	1225.1

GPR 2220.9 Volts

Rg 0.583 Ohm

Alarm & Warnings

Close Help

Figura 18. Resumen de valores calculados

De los resultados se puede observar que las tensiones de contacto y de paso calculadas no superan los valores de tensión de contacto y de paso tolerables, respectivamente, criterio con el cual se evalúa el cumplimiento de este diseño. Se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las conexiones entre los conductores que conforman la malla deberán hacerse con soldadura exotérmica.
- Se deben conectar directamente a la malla de puesta a tierra los descargadores de sobretensión, carcacas de equipos y estructuras metálicas no energizadas.
- Solo se permitirá el uso de conductores en Cobre desnudo para las mallas de tierra.

- El calibre a utilizar en el conductor principal de las mallas a tierra será el 4/0 AWG.
- El calibre para las colas de la malla de tierra para la conexión de equipos y estructuras será en Cobre desnudo calibre 4/0 AWG.
- Los electrodos de tierra o varillas serán de longitud mínima de 2,4 metros y de 5/8” de diámetro.
- No se permitirán conductores embebidos en concreto.
- Se deben construir, por lo menos, una (1) caja de inspección para realizar medidas y pruebas al sistema de puesta a tierra

9.10. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.

A partir de las distancias de conductores entre las diferentes etapas del sistema y la corriente que circula por ellos, se realiza el cálculo económico de conductores para una vida útil del proyecto de 15 años, con un costo constante de la energía de \$ 690 pesos colombianos.

9.10.1. Sistema DC

Estos cálculos no fueron evaluados, debido a que en un sistema de generación PV, la corriente no aumenta proporcionalmente a la demanda instantánea de las cargas, por el contrario, esta depende es la directamente de las condiciones instantáneas de la radiación y la temperatura, por lo cual, la corriente máxima se determina por los datos de placa del inversor o los módulos PV, lo cual solo se alcanza en pequeños lapsos de tiempo. De la misma manera funciona para los equipos de transformación solar (inversores), los cuales la corriente máxima está dada y limitada por su capacidad, siendo entonces estos calibres calculados con base a la tabla 3.10.16(b) de la NTC2050.

9.10.2. Sistema AC

Para el sistema de corriente alterna, necesitamos separar los cálculos en tres partes y evaluando conductores en cobre y aluminio como se lista a continuación:

- Salida del inversor al transformador.
- Salida del transformador hasta el afloramiento.
- Desde el afloramiento hasta el punto de conexión suministrado por el OR.

1. Salida del inversor al transformador.

- Según el diagrama unifilar y la planimetría se tiene una longitud máxima de 25mts para el inversor 1 y el 3 que son los tramos más largos de los 3 equipos hasta el tablero de baja tensión proyectado, este inversor tiene una corriente máxima de 126,61 A. Se utiliza el inversor con el tramo de red más largo a manera de ejemplo.

CONDUCTOR ECONOMICO AC																										
INVERSOR A TRANSFORMADOR																										
Años de servicio	15	POTENCIA [kW]	Longitud [m]	Tensión [V]	Factor de potencia	Corriente Nominal [A]	Corriente de cálculo [A]	Conductores por fase	Conductor	Sección transversal mm²	Amplitud según ficha técnica	Corrección por temperatura	Cantidad de conductores	Amplitud anillos [m]	Factor de carga	Temperatura del cable	Resistividad ajustada	Resistencia [Ohm/km]	Pérdidas [W]	Pérdidas [W]	Pérdidas [W]	Precio conductor	Precio pérdidas	Total		
Precio kWh \$	690.00	100	25	480	0.95	126.61	158.26	1.00	18 AWG	0.82	0	1.00	1.0	NO SIRVE	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	\$	-	#VALORI			
		100	25	480	0.95	126.61	158.26	1.00	18 AWG	0.82	0	1.00	1.0	NO SIRVE	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	\$	-	#VALORI			
		100	25	480	0.95	126.61	158.26	1.00	14 AWG	2.08	30	1.00	1.3	NO SIRVE	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	\$	-	#VALORI			
		100	25	480	0.95	126.61	158.26	1.00	12 AWG	3.30	35	1.00	1.3	NO SIRVE	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	\$	-	#VALORI			
		100	25	480	0.95	126.61	158.26	1.00	10 AWG	5.25	35	1.00	1.3	NO SIRVE	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	\$	-	#VALORI			
		100	25	480	0.95	126.61	158.26	1.00	8 AWG	8.36	35	1.00	1.3	NO SIRVE	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	\$	-	#VALORI			
		100	25	480	0.95	126.61	158.26	1.00	6 AWG	13.29	35	1.00	1.3	NO SIRVE	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	\$	-	#VALORI			
		100	25	480	0.95	126.61	158.26	1.00	4 AWG	21.14	35	1.00	1.3	NO SIRVE	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	\$	-	#VALORI			
		100	25	480	0.95	126.61	158.26	1.00	2 AWG	33.62	35	1.00	1.3	NO SIRVE	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	\$	-	#VALORI			
		100	25	480	0.95	126.61	158.26	1.00	2 AWG	33.62	115	1.00	1.3	NO SIRVE	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	\$	-	#VALORI			
		100	25	480	0.95	126.61	158.26	1.00	1 AWG	42.20	130	1.00	1.3	NO SIRVE	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	\$	-	#VALORI			
		100	25	480	0.95	126.61	158.26	1.00	1/0 AWG	53.50	150	1.00	1.3	NO SIRVE	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	\$	-	#VALORI			
		100	25	480	0.95	126.61	158.26	1.00	2/0 AWG	67.44	175	1.00	1.3	175.00	0.95	51.4449	1.88E-08	0.28	336.52	0.94%	\$	3.733.725	\$	15.255.269	\$	18.988.994
		100	25	480	0.95	126.61	158.26	1.00	3/0 AWG	85.02	200	1.00	1.3	200.00	0.70	36.9836	1.59E-08	0.23	272.59	0.27%	\$	4.792.175	\$	12.384.532	\$	17.174.707
		100	25	480	0.95	126.61	158.26	1.00	4/0 AWG	107.21	230	1.00	1.3	230.00	0.60	31.3034	1.59E-08	0.18	219.03	0.22%	\$	5.753.471	\$	9.555.182	\$	15.372.657
		100	25	480	0.95	126.61	158.26	1.00	250 kcmil	126.67	255	1.00	1.3	255.00	0.62	33.0062	1.67E-08	0.16	186.97	0.19%	\$	7.094.725	\$	8.476.023	\$	15.530.748
		100	25	480	0.95	126.61	158.26	1.00	300 kcmil	127.34	310	1.00	1.3	310.00	0.57	37.4035	1.69E-08	0.11	126.16	0.14%	\$	6.932.573	\$	4.427.027	\$	10.599.102
		100	25	480	0.95	126.61	158.26	1.00	500 kcmil	253.35	380	1.00	1.3	380.00	0.42	70.0043	2.57E-08	0.08	95.30	0.09%	\$	13.834.725	\$	4.324.461	\$	18.159.186
		100	25	480	0.95	126.61	158.26	1.00	600 kcmil	354.02	430	1.00	1.3	430.00	0.38	70.9106	2.53E-08	0.07	79.73	0.08%	\$	-	\$	3.814.445	\$	-
		100	25	480	0.95	126.61	158.26	1.00	750 kcmil	354.09	460	1.00	1.3	460.00	0.34	71.9889	2.53E-08	0.06	69.49	0.07%	\$	-	\$	3.156.907	\$	-
		100	25	480	0.95	126.61	158.26	1.00	750 kcmil	380.02	475	1.00	1.3	475.00	0.33	71.8028	2.53E-08	0.05	63.97	0.06%	\$	-	\$	2.900.042	\$	-
		100	25	480	0.95	126.61	158.26	1.00	800 kcmil	465.36	480	1.00	1.3	480.00	0.32	71.9889	2.53E-08	0.05	60.01	0.06%	\$	-	\$	2.725.465	\$	-
		100	25	480	0.95	126.61	158.26	1.00	900 kcmil	456.03	500	1.00	1.3	500.00	0.30	72.3352	2.53E-08	0.04	55.40	0.05%	\$	-	\$	2.425.848	\$	-
		100	25	480	0.95	126.61	158.26	1.00	1000 kcmil	568.70	545	1.00	1.3	545.00	0.29	72.5713	2.53E-08	0.04	48.10	0.05%	\$	-	\$	2.180.461	\$	-
		100	25	480	0.95	126.61	158.26	1.00	1200 kcmil	626.59	565	1.00	1.3	565.00	0.27	72.9077	2.53E-08	0.03	39.59	0.04%	\$	-	\$	1.746.392	\$	-
		100	25	480	0.95	126.61	158.26	1.00	1500 kcmil	760.05	625	1.00	1.3	625.00	0.25	73.1633	2.53E-08	0.02	32.13	0.03%	\$	-	\$	1.456.305	\$	-
		100	25	480	0.95	126.61	158.26	1.00	1750 kcmil	886.73	650	1.00	1.3	650.00	0.24	73.2626	2.53E-08	0.02	27.95	0.03%	\$	-	\$	1.248.889	\$	-
		100	25	480	0.95	126.61	158.26	1.00	2000 kcmil	1013.04	685	1.00	1.3	685.00	0.24	73.3638	2.53E-08	0.02	24.12	0.03%	\$	-	\$	1.095.451	\$	-

Tabla 13. Conductor económico en cobre desde inversor hasta el transformador

CONDUCTOR ECONOMICO AC														
INVERSOR A TRANSFORMADOR														
Años de servicio	15	POTENCIA [kW]	Longitud [m]	Tensión [V]	Factor de potencia	Corriente Nominal [A]	Corriente de cálculo [A]	Conductores por fase	Conductor	Resistencia [Ohm/km]	Pérdidas [W]	Precio conductor	Precio pérdidas	Total
Precio kWh	\$ 690,00	100	25	480	0.95	126,61	158,26	1.00	18 AWG	# VALORI	# VALORI	\$ -	# VALORI	
		100	25	480	0.95	126,61	158,26	1.00	16 AWG	# VALORI	# VALORI	\$ -	# VALORI	
		100	25	480	0.95	126,61	158,26	1.00	14 AWG	# VALORI	# VALORI	\$ -	# VALORI	
		100	25	480	0.95	126,61	158,26	1.00	12 AWG	# VALORI	# VALORI	\$ 187.950,00	# VALORI	
		100	25	480	0.95	126,61	158,26	1.00	10 AWG	# VALORI	# VALORI	\$ 300.675,00	# VALORI	
		100	25	480	0.95	126,61	158,26	1.00	8 AWG	# VALORI	# VALORI	\$ 480.675,00	# VALORI	
		100	25	480	0.95	126,61	158,26	1.00	6 AWG	# VALORI	# VALORI	\$ 729.750,00	# VALORI	
		100	25	480	0.95	126,61	158,26	1.00	4 AWG	# VALORI	# VALORI	\$ 1.190.025,00	# VALORI	
		100	25	480	0.95	126,61	158,26	1.00	3 AWG	# VALORI	# VALORI	\$ -	# VALORI	
		100	25	480	0.95	126,61	158,26	1.00	2 AWG	# VALORI	# VALORI	\$ 1.800.000,00	# VALORI	
		100	25	480	0.95	126,61	158,26	1.00	1 AWG	# VALORI	# VALORI	\$ -	# VALORI	
		100	25	480	0.95	126,61	158,26	1.00	1/0 AWG	# VALORI	# VALORI	\$ 2.972.250,00	# VALORI	
		100	25	480	0.95	126,61	158,26	1.00	2/0 AWG	# VALORI	# VALORI	\$ 3.733.725,00	# VALORI	
		100	25	480	0.95	126,61	158,26	1.00	3/0 AWG	# VALORI	# VALORI	\$ 4.790.175,00	# VALORI	
		100	25	480	0.95	126,61	158,26	1.00	4/0 AWG	0.30	358,38	\$ 5.783.475,00	\$ 16.246.421,09	\$ 22.029.896,09
		100	25	480	0.95	126,61	158,26	1.00	250 kcmil	0.26	306,88	\$ 7.064.725,00	\$ 14.002.351,50	\$ 21.057.076,50
		100	25	480	0.95	126,61	158,26	1.00	300 kcmil	0.19	225,00	\$ 9.972.075,00	\$ 10.199.929,24	\$ 20.172.004,24
		100	25	480	0.95	126,61	158,26	1.00	500 kcmil	0.13	159,69	\$ 13.834.725,00	\$ 7.239.391,72	\$ 21.074.116,72
		100	25	480	0.95	126,61	158,26	1.00	600 kcmil	0.11	133,65	\$ -	\$ 6.058.880,83	
		100	25	480	0.95	126,61	158,26	1.00	700 kcmil	0.10	114,99	\$ -	\$ 5.212.911,93	
		100	25	480	0.95	126,61	158,26	1.00	750 kcmil	0.09	107,42	\$ -	\$ 4.869.776,13	
		100	25	480	0.95	126,61	158,26	1.00	800 kcmil	0.08	100,79	\$ -	\$ 4.569.111,57	
		100	25	480	0.95	126,61	158,26	1.00	900 kcmil	0.07	89,76	\$ -	\$ 4.070.070,23	
		100	25	480	0.95	126,61	158,26	1.00	1000 kcmil	0.07	80,90	\$ -	\$ 3.667.396,63	
		100	25	480	0.95	126,61	158,26	1.00	1250 kcmil	0.05	64,84	\$ -	\$ 2.939.583,25	
		100	25	480	0.95	126,61	158,26	1.00	1500 kcmil	0.05	54,11	\$ -	\$ 2.452.955,50	
		100	25	480	0.95	126,61	158,26	1.00	1750 kcmil	0.04	46,42	\$ -	\$ 2.104.208,48	
		100	25	480	0.95	126,61	158,26	1.00	2000 kcmil	0.03	40,65	\$ -	\$ 1.842.639,76	

Tabla 14. Conductor económico en aluminio desde inversor hasta el transformador

Se concluye que el conductor económico en cobre es calibre 250 kcmil para la salida desde el inversor hasta el transformador de 300KVA proyectado y para el caso del aluminio es 350 kcmil.

2. Salida del transformador hasta el afloramiento.

Se tiene una longitud total de 75 m, con una corriente máxima de 13.27 A teniendo en cuenta una tensión de 13.2KV. Para este caso en específico se evalúa el conductor económico dado que es una acometida en media tensión subterránea, siendo su tipo de aislamiento XLPE estipulado por el OR.

CONDUCTOR ECONOMICO AC																								
TRANSFORMADOR HASTA AFLORAMIENTO																								
Años de servicio	15	POTENCIA [kW]	Longitud [m]	Tensión [V]	Factor de potencia	Corriente Nominal [A]	Corriente de cálculo [A]	Conductores por fase	Conductor	Sección trasera [mm²]	Amplitud según ficha técnica	Corriente por temperatura	Cantidad de conductores	Amplitud corregida [mm²]	Factor de carga	Temperatura del cable	Resistividad del cable	Resistencia ajustada [Ohm/km]	Pérdidas [W]	Pérdidas [mwp] [%]	Precio conductor	Precio pérdidas	Total	
Precio kWh \$	660,00	300,00	75	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	18 AWG	0,82	0	1,00	1,3	NO SE APLICA	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	\$ -	\$ #VALORI	\$ -	\$ #VALORI
Temperatura																								
Tcable [°C]	75	300,00	75	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	18 AWG	0,82	0	1,00	1,3	NO SE APLICA	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	\$ -	\$ #VALORI	\$ -	\$ #VALORI
Tamb [°C]	30	300,00	75	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	18 AWG	0,82	0	1,00	1,3	NO SE APLICA	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	#VALORI	\$ -	\$ #VALORI	\$ -	\$ #VALORI
300,00	75	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	14 AWG	2,08	20	1,00	1,3	20,50	0,66	13,6376	1,00E-06	0,14	392,40	0,03%	\$ -	\$ -	\$ 17,768,520,40	\$ -	\$ 17,768,520,40	
300,00	75	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	12 AWG	3,30	25	1,00	1,3	25,50	0,66	11,2641	1,00E-06	0,52	253,90	0,09%	\$ -	\$ -	\$ 563,450,00	\$ -	\$ 563,450,00	
300,00	75	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	10 AWG	5,25	35	1,00	1,3	35,50	0,40	17,8919	2,00E-06	1,80	183,27	0,09%	\$ -	\$ -	\$ 922,525,00	\$ -	\$ 922,525,00	
300,00	75	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	8 AWG	8,36	50	1,00	1,3	50,50	0,35	11,5660	2,00E-06	2,42	103,74	0,09%	\$ -	\$ -	\$ 1,442,535,00	\$ -	\$ 1,442,535,00	
300,00	75	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	4 AWG	33,69	65	1,00	1,3	65,00	0,27	12,8661	2,00E-06	1,80	65,96	0,09%	\$ -	\$ -	\$ 2,189,250,00	\$ -	\$ 2,189,250,00	
300,00	75	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	4 AWG	21,14	85	1,00	1,3	85,00	0,20	13,8118	2,04E-06	0,96	41,33	0,01%	\$ -	\$ -	\$ 3,570,075,00	\$ -	\$ 3,570,075,00	
300,00	75	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	3 AWG	38,68	100	1,00	1,3	100,00	0,17	14,1415	2,04E-06	0,76	32,80	0,01%	\$ -	\$ -	\$ 1,487,143,68	\$ -	\$ 1,487,143,68	
300,00	75	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	2 AWG	53,62	115	1,00	1,3	115,00	0,15	14,5509	2,04E-06	0,61	26,05	0,01%	\$ -	\$ -	\$ 5,400,000,00	\$ -	\$ 5,400,000,00	
300,00	75	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	1/0 AWG	93,50	150	1,00	1,3	150,00	0,12	14,8184	2,04E-06	0,38	16,37	0,01%	\$ -	\$ -	\$ 9,918,750,00	\$ -	\$ 9,918,750,00	
300,00	75	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	2/0 AWG	107,44	175	1,00	1,3	175,00	0,10	14,7187	2,04E-06	0,30	12,99	0,00%	\$ -	\$ -	\$ 11,201,175,00	\$ -	\$ 11,201,175,00	
300,00	75	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	3/0 AWG	133,09	200	1,00	1,3	200,00	0,09	14,7654	2,04E-06	0,24	10,31	0,00%	\$ -	\$ -	\$ 14,376,525,00	\$ -	\$ 14,376,525,00	
300,00	75	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	4/0 AWG	167,21	230	1,00	1,3	230,00	0,08	14,8377	2,04E-06	0,19	8,18	0,00%	\$ -	\$ -	\$ 17,330,425,00	\$ -	\$ 17,330,425,00	
300,00	75	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	250 kcmil	145,67	250	1,00	1,3	250,00	0,07	14,8680	2,04E-06	0,16	6,82	0,00%	\$ -	\$ -	\$ 21,184,175,00	\$ -	\$ 21,184,175,00	
300,00	75	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	300 kcmil	152,01	285	1,00	1,3	285,00	0,06	14,8643	2,04E-06	0,13	5,77	0,00%	\$ -	\$ -	\$ 25,145,627	\$ -	\$ 25,145,627	
300,00	75	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	350 kcmil	177,34	310	1,00	1,3	310,00	0,06	14,9107	2,04E-06	0,12	4,94	0,00%	\$ -	\$ -	\$ 28,918,235,00	\$ -	\$ 28,918,235,00	
300,00	75	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	400 kcmil	203,48	335	1,00	1,3	335,00	0,05	14,9320	2,04E-06	0,10	4,33	0,00%	\$ -	\$ -	\$ 38,170,71	\$ -	\$ 38,170,71	
300,00	75	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	500 kcmil	253,36	380	1,00	1,3	380,00	0,05	14,9405	2,04E-06	0,08	3,46	0,00%	\$ -	\$ -	\$ 41,504,175,00	\$ -	\$ 41,504,175,00	
300,00	75	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	600 kcmil	304,02	420	1,00	1,3	420,00	0,04	14,9613	2,04E-06	0,07	2,88	0,00%	\$ -	\$ -	\$ 130,762,34	\$ -	\$ 130,762,34	
300,00	75	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	750 kcmil	384,00	460	1,00	1,3	460,00	0,04	14,9594	2,04E-06	0,06	2,47	0,00%	\$ -	\$ -	\$ 117,070,38	\$ -	\$ 117,070,38	
300,00	75	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	750 kcmil	380,02	475	1,00	1,3	475,00	0,04	14,9620	2,04E-06	0,05	2,31	0,00%	\$ -	\$ -	\$ 104,606,75	\$ -	\$ 104,606,75	
300,00	75	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	600 kcmil	426,36	560	1,00	1,3	560,00	0,04	14,9440	2,04E-06	0,05	2,16	0,00%	\$ -	\$ -	\$ 98,068,27	\$ -	\$ 98,068,27	
300,00	75	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	500 kcmil	456,03	520	1,00	1,3	520,00	0,03	14,9683	2,04E-06	0,04	1,92	0,00%	\$ -	\$ -	\$ 87,172,92	\$ -	\$ 87,172,92	
300,00	75	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	1000 kcmil	558,70	565	1,00	1,3	565,00	0,03	14,9711	2,04E-06	0,04	1,73	0,00%	\$ -	\$ -	\$ 78,458,35	\$ -	\$ 78,458,35	
300,00	75	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	1250 kcmil	631,38	590	1,00	1,3	590,00	0,03	14,9703	2,04E-06	0,03	1,86	0,00%	\$ -	\$ -	\$ 62,356,45	\$ -	\$ 62,356,45	
300,00	75	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	1500 kcmil	700,05	625	1,00	1,3	625,00	0,03	14,9780	2,04E-06	0,03	1,15	0,00%	\$ -	\$ -	\$ 52,305,41	\$ -	\$ 52,305,41	
300,00	75	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	1750 kcmil	888,73	650	1,00	1,3	650,00	0,03	14,9787	2,04E-06	0,02	0,99	0,00%	\$ -	\$ -	\$ 44,833,19	\$ -	\$ 44,833,19	
10200,00	75	13,200	0,95	46,04	0,755	1,00	2000 kcmil	1013,04	665	1,00	1,3	665,00	0,03	14,7653	2,04E-06	0,02	0,61	0,00%	\$ -	\$ -	\$ 435,700,20	\$ -	\$ 435,700,20	
Conductor económico																					6 AWG			

CONDUCTOR ECONOMICO AC														
AFLORAMIENTO HASTA PUNTO DE CONEXION														
Años de servicio	15	POTENCIA [kW]	Longitud [m]	Tensión [V]	Factor de potencia	Corriente Nominal [A]	Corriente de cálculo [A]	Conductores por fase	Conductor	Resistencia [Ohm/km]	Pérdidas [W]	Precio conductor	Precio pérdidas	Total
Precio kWh	\$ 690,00	300,00	1637	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	18 AWG	#VALORI	#VALORI	\$ -	#VALORI	
Temperatura		300,00	1637	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	16 AWG	#VALORI	#VALORI	\$ -	#VALORI	
Tcable [°C]	75	300,00	1637	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	14 AWG	#VALORI	#VALORI	\$ -	#VALORI	
Tamb [°C]	30	300,00	1637	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	10 AWG	6,37	5963,68	\$ -	\$	412,490,927
		300,00	1637	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	8 AWG	4,05	3788,81	\$ -	\$	270,351,372
		300,00	1637	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	6 AWG	2,57	2405,25	\$ -	\$	172,211,522
		300,00	1637	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	4 AWG	1,62	1519,23	\$ -	\$	109,037,210
		300,00	1637	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	3 AWG	1,29	1206,71	\$ -	\$	11,540,850
		300,00	1637	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	2 AWG	1,02	958,39	\$ -	\$	68,871,294
		300,00	1637	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	1/0 AWG	0,64	603,19	\$ -	\$	54,703,843
		300,00	1637	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	2/0 AWG	0,51	478,71	\$ -	\$	43,446,692
		300,00	1637	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	4/0 AWG	0,32	301,34	\$ -	\$	27,344,639
		300,00	1637	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	250 kcmil	0,27	255,10	\$ -	\$	21,701,485
		300,00	1637	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	300 kcmil	0,23	212,60	\$ -	\$	13,660,598
		300,00	1637	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	350 kcmil	0,19	182,25	\$ -	\$	11,564,200
		300,00	1637	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	400 kcmil	0,17	159,47	\$ -	\$	9,637,875
		300,00	1637	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	500 kcmil	0,14	127,59	\$ -	\$	8,261,953
		300,00	1637	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	600 kcmil	0,11	106,33	\$ -	\$	7,229,477
		300,00	1637	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	700 kcmil	0,10	91,15	\$ -	\$	5,784,128
		300,00	1637	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	750 kcmil	0,09	85,07	\$ -	\$	4,820,349
		300,00	1637	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	800 kcmil	0,09	79,75	\$ -	\$	4,131,909
		300,00	1637	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	900 kcmil	0,08	70,89	\$ -	\$	3,856,536
		300,00	1637	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	1000 kcmil	0,07	63,81	\$ -	\$	3,615,493
		300,00	1637	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	1250 kcmil	0,05	51,05	\$ -	\$	3,213,852
		300,00	1637	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	1500 kcmil	0,05	42,54	\$ -	\$	2,892,507
		300,00	1637	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	1750 kcmil	0,04	36,46	\$ -	\$	2,314,040
		300,00	1637	13,200	0,95	13,81	17,27	1,00	2000 kcmil	0,03	31,92	\$ -	\$	1,928,412
Conductor económico 1/0 AWG														

9.11.1. Circuito arreglos

De acuerdo con las características eléctricas de los paneles que conforman los arreglos, los conductores para conectar la cadena de 18 paneles en serie deben soportar una tensión máxima de 1000 VDC y una corriente máxima del 125% de la corriente de corto circuito de los paneles.

$$I_{arr} = I_{sc} * 1.25 = 18.40A * 1.25 = 23$$

Dadas las condiciones del diseño, condiciones de trabajo y ampacidad de conductores, se selecciona el cable 6mm² en cobre o equivalente, tipo solar con chaqueta de PVC. Esto, para garantizar un correcto funcionamiento del sistema dadas las caídas de tensión proyectadas.

9.11.2. Circuito al inversor

El circuito que alimenta los inversores desde cada arreglo opera a una tensión máxima de 1000 VDC con la misma corriente I_{arr} de los arreglos y se encontrará en una agrupación máxima de 2 conductores portadores de corriente, por lo que se debe tener en cuenta un factor de corrección por agrupamiento del 100% para la capacidad del conductor, según la Tabla 310.15(B)(3)(a) de la norma NTC 2050.

$$I_{con} * 1 \leq 17.95A$$

$$I_{con} \leq \frac{23}{1} \leq 46A$$

Lo que determina el uso de conductor calibre 6 mm² como mínimo en cobre o equivalente, con aislamiento tipo CT en cobre o equivalente, tipo solar con chaqueta de PVC.

9.11.3. Circuito al transformador

El nivel de tensión de salida del inversor es de 480 VAC, entregando una potencia máxima de 100 kW con un factor de potencia de 0.95, por lo que la corriente del circuito al transformador se determina de la siguiente forma:

$$I_{inversor} = \frac{100000}{0.95 * 480\sqrt{3}} = 126.76A$$

Aplicando el factor de seguridad de 125% para protección del conductor, obtenemos una corriente de 158.45A, por lo que se determina el uso de conductor de mínimo calibre 2/0 AWG en cobre o equivalente con aislamiento tipo CT. De acuerdo con el conductor económico y la canalización a usar dentro de la envolvente de los equipos, se selecciona para el proyecto conductor calibre 2/0 AWG en cobre en lugar de 250 kcmil tipo CT, debido a la diferencia de la inversión inicial y el diámetro del conductor requerido.

9.11.4. Circuito al punto de conexión del OR.

El nivel de tensión de salida del transformador es de 13.2 kVAC, entregando una potencia máxima de 300KVA. Por lo tanto, se determina la corriente de la siguiente forma:

$$I_{tab} = \frac{300000}{0,95 \times 13200\sqrt{3}} = 13.82$$

Aplicando el factor de seguridad de 125% para protección del conductor, obtenemos una corriente de 17.28 A, por lo que se determina el uso de conductor de mínimo calibre 1/0 ACSR o AAAC en aluminio (por normativa del OR). Es por esta razón que, se selecciona para el proyecto conductor calibre 2 AWG XLPE en cobre tipo CT hasta el afloramiento y 1/0 ACSR o AAAC hasta el punto de conexión (red aérea).

9.12. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción y soporte de redes de transmisión, de distribución, subestaciones y centrales de generación.

De acuerdo con lo establecido en las normas técnicas de estructuras para distribución de energía en media tensión “PROYECTO TIPO LÍNEAS AÉREAS ELÉCTRICAS MT SIN NEUTRO” de CARIBEMAR DE LA COSTA S.A.S. E.S.P. Se describen los cálculos las líneas auto soportadas en postes de hormigón.

Para el cálculo mecánico de estructura para soporte de redes media tensión del proyecto se tienen en cuenta el tipo de zona a intervenir, el cual se observa en el siguiente grafico:

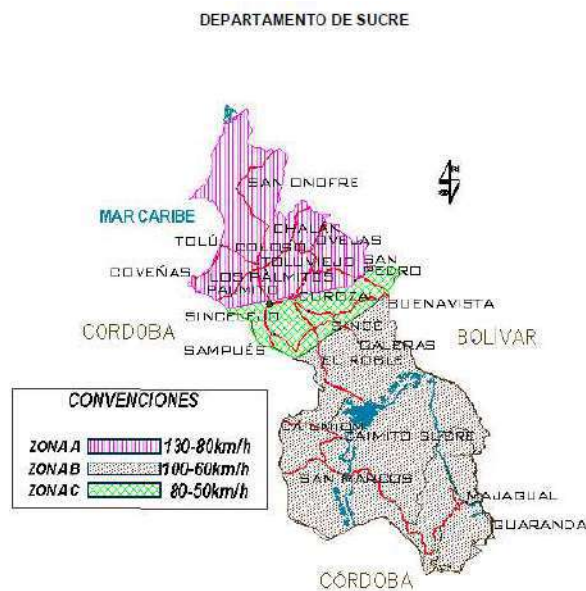


Figura 19. Velocidades del viento en el departamento de Sucre.

Dado que el proyecto está ubicado en Sampués, estaría en zona C, que según el mapa tiene vientos entre 80-50km/h.

Cálculos mecánicos.

CARACTERÍSTICAS DE LOS POSTES								
Número de poste	Función de poste	Descripción del poste	Ángulo de deflexión de la línea	Armado	Vano posterior	Vano anterior	Retenida	
							Bisectora	Conjunto a 90°
EPP01	FL	HP 12-1030 daN	30,00	MT 331	90,00	0,00	1	0
EPP02	ANC	HP 12-1030 daN	0,00	MT 336	90,00	90,00	2	0
EPP03	ANC	HP 12-1030 daN	0,00	MT 336	95,00	90,00	2	0
EPP04	ANG	HP 12-1030 daN	0,00	MT 334	90,00	95,00	1	0
EPP05	ANC	HP 12-1600 daN	0,00	MT 336	53,00	90,00	2	0
EPP06	AL	HP 12-1030 daN	0,00	MT 332	66,00	53,00	0	0
EPP07	ANG	HP 12-1030 daN	0,00	MT 334	103,00	66,00	1	0
EPP08	ANG	HP 12-1600 daN	0,00	MT 334	96,00	103,00	1	0
EPP09	ANG	HP 12-1600 daN	0,00	MT 334	80,00	96,00	1	0
EPP10	ANC	HP 12-1600 daN	0,00	MT 336	112,00	80,00	2	0
EPP11	ANC	HP 12-1600 daN	0,00	MT 336	85,00	112,00	2	0
EPP12	AL	HP 12-1324 daN	0,00	MT 332	35,00	85,00	0	0
EPP13	AL	HP 12-1030 daN	0,00	MT 332	42,00	35,00	0	0
EPP14	AL	HP 12-1030 daN	0,00	MT 332	44,00	42,00	0	0
EPP15	ANC	HP 12-1030 daN	0,00	MT 336	51,00	44,00	2	0
EPP16	AL	HP 12-1030 daN	0,00	MT 332	45,00	51,00	0	0
EPP17	ANC	HP 12-1600 daN	0,00	MT 336	48,00	45,00	2	0
EPP18	AL	HP 12-1030 daN	0,00	MT 332	81,00	48,00	0	0
EPP19	ANC	HP 12-1324 daN	0,00	MT 336	49,00	81,00	2	0
EPP20	ANG	HP 12-1030 daN	0,00	MT 334	55,00	49,00	1	0
EPP21	ANG	HP 12-1324 daN	0,00	MT 334	21,00	55,00	1	0
EPP22	ANC	HP 12-1324 daN	0,00	MT 336	41,00	21,00	2	0
EPP23	AL	HP 12-1324 daN	0,00	MT 332	22,00	41,00	0	0
EPP24	AL	HP 12-1030 daN	0,00	MT 332	50,00	22,00	0	0
EPP25	AL	HP 12-1030 daN	0,00	MT 332	50,00	50,00	0	0
EPP26	AL	HP 12-1030 daN	0,00	MT 332	82,00	50,00	0	0
EPP27	FL	HP 12-1600 daN	0,00	MT 331	0,00	82,00	1	0

Cálculos mecánicos de conductores.

Número de poste	Función de poste	Ángulo de deflexión de la línea	Armado	Vano anterior (m)	Cálculo de Esfuerzos sobre el poste							Validación poste autosoportado a Flexión		Validación poste en ANC/FL a Torsión	
					FTVP (daN)	FTVC (daN)	FTEC (daN)	FTEE (daN)	FLEE (daN)	FLMC (daN)	MT (daN)	Fuerza total horiz. resultante (daN)	Carga de rotura del poste (daN)	MT (daN) total	Momento torsor último del poste (daN.m)
EPP01	FL	30,00	MT 331	0,00	65,67	21,08	0,0	0	0	0,00	260,40	763,1	1030	260,40	891
EPP02	ANC	0,00	MT 336	90,00	65,67	44,61	0,0	0	0	0,00	0,00	110,3	1030	0,00	891
EPP03	ANC	0,00	MT 336	90,00	65,67	43,33	0,0	0	0	379,06	260,40	379,1	1030	0,00	891
EPP04	ANG	0,00	MT 334	95,00	65,67	44,44	0,0	0	0	0,00	260,40	110,3	1030	0,00	891
EPP05	ANC	0,00	MT 336	90,00	65,67	44,44	0,0	0	0	0,00	0,00	110,3	1600	0,00	891
EPP06	AL	0,00	MT 332	53,00	69,73	29,49	0,0	0	0	0,00	0,00	99,2	1030	0,00	891
EPP07	ANG	0,00	MT 334	66,00	65,67	40,59	0,0	0	0	0,00	267,79	0,0	1030	0,00	891
EPP08	ANG	0,00	MT 334	103,00	65,67	44,61	0,0	0	0	0,00	0,00	110,3	1600	0,00	891
EPP09	ANG	0,00	MT 334	96,00	65,67	42,27	0,0	0	0	0,00	260,40	99,2	1600	0,00	891
EPP10	ANC	0,00	MT 336	80,00	0	44,97	0,0	0	0	0,00	0,00	99,2	1600	0,00	891
EPP11	ANC	0,00	MT 336	112,00	65,67	46,14	0,0	0	0	405,23	274,29	405,2	1600	0,00	891
EPP12	AL	0,00	MT 332	85,00	69,77	29,74	0,0	0	0	0,00	0,00	99,5	1324	0,00	1079
EPP13	AL	0,00	MT 332	35,00	69,73	19,08	0,0	0	0	0,00	0,00	88,8	1030	0,00	891
EPP14	AL	0,00	MT 332	42,00	69,73	21,31	0,0	0	0	0,00	0,00	91,0	1030	0,00	891
EPP15	ANC	0,00	MT 336	44,00	65,67	22,25	0,0	0	0	329,38	231,84	329,4	1030	0,00	891
EPP16	AL	0,00	MT 332	51,00	69,73	23,79	0,0	0	0	0,00	0,00	93,5	1030	0,00	891
EPP17	ANC	0,00	MT 336	45,00	69,73	21,78	0,0	0	0	347,51	242,59	347,5	1600	0,00	891
EPP18	AL	0,00	MT 332	48,00	69,73	31,97	0,0	0	0	0,00	0,00	101,7	1030	0,00	891
EPP19	ANC	0,00	MT 336	81,00	65,71	30,45	0,0	0	0	347,51	242,59	347,5	1324	0,00	1079
EPP20	ANG	0,00	MT 334	49,00	65,67	24,98	0,0	0	0	0,00	219,63	0,0	1030	0,00	891
EPP21	ANG	0,00	MT 334	55,00	65,71	18,25	0,0	0	0	0,00	219,63	0,0	1324	0,00	1079
EPP22	ANC	0,00	MT 336	21,00	69,77	14,52	0,0	0	0	0,00	0,00	84,3	1324	0,00	1079
EPP23	AL	0,00	MT 332	41,00	69,77	15,61	0,0	0	0	0,00	0,00	85,4	1324	0,00	1079
EPP24	AL	0,00	MT 332	22,00	69,73	17,84	0,0	0	0	0,00	0,00	87,6	1030	0,00	891
EPP25	AL	0,00	MT 332	50,00	69,73	24,78	0,0	0	0	0,00	0,00	94,5	1030	0,00	891
EPP26	AL	0,00	MT 332	50,00	69,73	32,72	0,0	0	0	0,00	0,00	102,4	1030	0,00	891
EPP27	FL	0,00	MT 331	82,00	69,73	19,21	0,0	0	0	0,00	219,63	102,4	1600	219,63	891

Cálculos mecánicos Red de M.T

Número de poste	Función de poste	Ángulo de deflexión de la línea	Armado	Vano anterior (m)	Retenidas				Validacion del poste a compresión		Validacion del cable de retenida		Validacion del poste por fuerza residual	
					Fuerza horizontal Fh (daN)	Fuerza Residual Fres (daN)	Fuerza vertical por retenida Fvert (daN)	Peso de cond., acc. y herrajes (daN)	Fuerza vertical total (daN)	Capacidad vertical del poste (daN)	Tracción total cable ret. (daN)	Carga rotura cable ret. (daN)	Fuerza Total Horiz. Resultante (daN)	Carga de rotura del poste (daN)
EPP01	FL	30,00	MT 331	0,00	631,60	133,30	870,62	5,33	881,27	7824	1563,21	6840,00	133,30	7824
EPP02	ANC	0,00	MT 336	90,00	400,80	84,59	554,42	5,33	565,08	7824	0,00	6840,00	84,59	7824
EPP03	ANC	0,00	MT 336	90,00	0,00	0,00	0,00	11,05	22,09	7824	0,00	6840,00	0,00	7824
EPP04	ANG	0,00	MT 334	95,00	0,00			22,09	44,18	7824		6840,00	0,00	7824
EPP05	ANC	0,00	MT 336	90,00	0,00	0,00	0,00	22,09	44,18	7824	0,00	6840,00	0,00	7824
EPP06	AL	0,00	MT 332	53,00	0,00	0,00	0,00	22,09	44,18	7824	0,00	0,00	0,00	7824
EPP07	ANG	0,00	MT 334	66,00	0,00	0,00	0,00	22,09	44,18	7824		6840,00	0,00	7824
EPP08	ANG	0,00	MT 334	103,00	0,00	0,00	0,00	22,09	44,18	7824		6840,00	0,00	7824
EPP09	ANG	0,00	MT 334	96,00	801,60	0,00	0,00	14,58	1131,33	7824		6840,00	164,97	7824
EPP10	ANC	0,00	MT 336	80,00	1564,83	159,21	1069,94	10,11	1104,21	7824	937,61	6840,00	159,21	7824
EPP11	ANC	0,00	MT 336	112,00	0,00	0,00	0,00	20,22	40,44	7824	0,00	6840,00	0,00	7824
EPP12	AL	0,00	MT 332	85,00	0,00	0,00	0,00	20,22	40,44	7824	0,00	0,00	0,00	7824
EPP13	AL	0,00	MT 332	35,00	0,00	0,00	0,00	20,22	40,44	7824	0,00	0,00	0,00	7824
EPP14	AL	0,00	MT 332	42,00	773,60	0,00	0,00	13,64	1090,16	7824	0,00	0,00	159,21	7824
EPP15	ANC	0,00	MT 336	44,00	1681,19	170,20	1144,90	11,91	1194,07	7824	0,00	6840,00	170,20	7824
EPP16	AL	0,00	MT 332	51,00	0,00	0,00	0,00	23,83	47,65	7824	0,00	0,00	0,00	7824
EPP17	ANC	0,00	MT 336	45,00	0,00	0,00	0,00	23,83	47,65	7824	0,00	6840,00	0,00	7824
EPP18	AL	0,00	MT 332	48,00	0,00	0,00	0,00	23,83	47,65	7824	0,00	0,00	0,00	7824
EPP19	ANC	0,00	MT 336	81,00	0,00	0,00	0,00	23,83	47,65	7824	0,00	6840,00	0,00	7824
EPP20	ANG	0,00	MT 334	49,00	413,50			23,83	637,97	7824		6840,00	85,53	7824
EPP21	ANG	0,00	MT 334	55,00	0,00			23,83	47,65	7824		6840,00	0,00	7824
EPP22	ANC	0,00	MT 336	21,00	0,00	0,00	0,00	23,83	47,65	7824	0,00	6840,00	0,00	7824
EPP23	AL	0,00	MT 332	41,00	0,00	0,00	0,00	23,83	47,65	7824	0,00	0,00	0,00	7824
EPP24	AL	0,00	MT 332	22,00	0,00	0,00	0,00	23,83	47,65	7824	0,00	0,00	0,00	7824
EPP25	AL	0,00	MT 332	50,00	827,00	0,00	0,00	15,44	1168,73	7824	0,00	0,00	170,20	7824
EPP26	AL	0,00	MT 332	50,00	1626,18	0,00	0,00	11,14	1151,95	7824	0,00	0,00	164,97	7824
EPP27	FL	0,00	MT 331	82,00	0,00	0,00	0,00	22,28	44,57	7824	0,00	6840,00	0,00	7824

Vanos Ideales de Regulación

Cantón	Poste Inicial	Poste Final	Longitud Total del cantón (m)	Vano de Regulación (m)	Tensión en el conductor (daN)	
					Viento Máximo	Viento Reducido
1	EPP01	EPP02	90,00	90,00	386,8	232,5
1	EPP02	EPP03	90,00	90,00	400,8	239,1
1	EPP03	EPP05	185,00	92,50	400,8	239,1
1	EPP05	EPP10	398,00	79,60	507,7	281,7
1	EPP10	EPP11	112,00	112,00	511,6	282,9
1	EPP11	EPP15	206,00	51,50	336,1	207,0
1	EPP15	EPP17	96,00	48,00	388,0	279,0
1	EPP17	EPP19	129,00	64,50	302,5	186,3
1	EPP19	EPP22	125	41,67	268,9	165,6
1	EPP22	EPP27	245	49,00	440,9	263,0

Tablas de Cimentaciones

TABLA DE CIMENTACIONES POR POSTE					
Número de poste	Tipo de poste	Tipo de terreno	Profundidad de Cimentación		
			Directa	Cilíndrica	Prismática
EPP01	FL	Terrenonormal	1	0	0
EPP02	ANC	Terrenonormal	1	0	0
EPP03	ANC	Terrenonormal	1	0	0
EPP04	ANG	Terrenonormal	1	0	0
EPP05	ANC	Terrenonormal	1	0	0
EPP06	AL	Terrenonormal	1	0	0
EPP07	ANG	Terrenonormal	1	0	0
EPP08	ANG	Terrenonormal	1	0	0
EPP09	ANG	Terrenonormal	1	0	0
EPP10	ANC	Terrenonormal	1	0	0
EPP11	ANC	Terrenonormal	1	0	0
EPP12	AL	Terrenonormal	1	0	0
EPP13	AL	Terrenonormal	1	0	0
EPP14	AL	Terrenonormal	1	0	0
EPP15	ANC	Terrenonormal	1	0	0
EPP16	AL	Terrenonormal	1	0	0
EPP17	ANC	Terrenonormal	1	0	0
EPP18	AL	Terrenonormal	1	0	0
EPP19	ANC	Terrenonormal	1	0	0
EPP20	ANG	Terrenonormal	1	0	0
EPP21	ANG	Terrenonormal	1	0	0
EPP22	ANC	Terrenonormal	1	0	0
EPP23	AL	Terrenonormal	1	0	0
EPP24	AL	Terrenonormal	1	0	0
EPP25	AL	Terrenonormal	1	0	0
EPP26	AL	Terrenonormal	1	0	0
EPP27	FL	Terrenonormal	1	0	0

9.13. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes.

Se debe hacer la coordinación de las protecciones de acuerdo con lo descrito en la norma IEC 60947-2 Anexo A.

9.13.1. Arreglos al inversor

Para el cálculo de las protecciones de sobrecorriente para los arreglos, se sigue el procedimiento descrito en la norma IEC 60364-7-712. Se necesita fusibles de protección para los circuitos de los arreglos si:

$$(N_s - 1)I_{arr} > I_{\max_fuse_rating}$$

Donde:

N_s el número de arreglos por MPPT

I_{arr} es la corriente de cortocircuito con un factor de seguridad del 125%

$I_{\max_fuse_rating}$ es la capacidad máxima de corriente de las series

Por lo que tenemos:

$$(1 - 1)18.40 > 35$$

$$0 > 35$$

Como NO se cumple la condición, el sistema no necesita la instalación de dispositivos contra sobrecorriente para los circuitos de los arreglos. Sin embargo, para poder seccionar cada cadena en caso de fallas o mantenimiento, se instalarán fusibles DC que tengan una corriente nominal entre 1,25 y 2,4 veces la corriente de cortocircuito del arreglo, obteniendo fusibles de 25 A para la protección de cada circuito de los arreglos.

9.13.2. Protecciones de inversores, tablero de distribución general del transformador en B.T y celdas MT para distribución.

Para realizar el cálculo de las protecciones de cada uno de los equipos y sistemas en general se tendrá en cuenta las corrientes nominales y su respectivo factor de seguridad ajustado para que las cargas operen a su máxima capacidad sin ser interrumpidas.

Por lo tanto, para el caso de cada inversor se tiene:

$$I_{inversor} = \frac{100000}{0.95 * 480\sqrt{3}} = 126.76A$$

Siendo esta la corriente máxima de trabajo del inversor, sin embargo, aplicando el factor de seguridad del 125% se tendría entonces:

$$I_{inversor(ajustada)} = 126.76A * 1.25 = 158.45A$$

Por lo tanto, se seleccionan protecciones de 170A para cada inversor, esto por mercado de comercialización ya que es la más cercana a la corriente calculada.

Ahora bien, se debe tener en cuenta que los inversores trabajaran en conjunto siendo conectados en paralelo, por ello, sus corrientes se sumarian, determinando así la protección general del sistema fotovoltaico lo que a su vez define la capacidad del transformador y su protección, ya que la potencia nominal del sistema fotovoltaico esta estará estrictamente ligada al centro de transformación.

Calculando, se tiene:

$$I_{3-inversore} = \frac{300000}{0.95 * 480\sqrt{3}} = 380.2A$$

$$I_{3-inversores(ajustada)} = 380.2A * 1.25 = 475.25A$$

Por lo tanto, se selecciona la protección principal de 500A para el sistema en general, esto por mercado de comercialización ya que es la más cercana a la corriente calculada.

Cabe resaltar que todas estas protecciones son trifásicas dado el tipo de sistema. Para el caso del tablero principal se incluirá un DPS tipo I a 480Vac para proteger el sistema contra sobretensiones, este DPS estará protegido por un breaker de 40A.

Con referente a las redes de media tensión y sus respectivas protecciones, el transformador elevador proyectado por su disposición y tipo de operación por lo general ya incluye sus protecciones en lado de media tensión de acuerdo con sus características, sin embargo, se calculan las corrientes de trabajo de este transformador para las debidas protecciones en el afloramiento.

Siendo entonces:

$$I_{MT} = \frac{300000}{0.95 \times 13200\sqrt{3}} = 13.82$$

$$I_{MT} = 13.82 * 1.25 = 17.27$$

Por lo tanto, de acuerdo con la normativa del OR se seleccionan fusibles tipo D monopolares de 20A, con sus respectivos cortacircuitos de 100A.

Por último, aclarando que si bien es un sistema que no inyecta energía a la red, se deben incluir las parametrizaciones estipuladas y las funciones de protección mínimas en PC o UG para sistemas de generación basados en inversores y frecuencia variable, los proyectos de generación mayores a 0.25 MW y menores o iguales a 1 MW deben disponer de protecciones de acuerdo a la tabla 7 del acuerdo CNO 1862.

Tabla 7. Funciones de protección mínimas para sistemas de generación basados en inversores y frecuencia variable mayores a 0.25 MW y menores o iguales a 1 MW.

Función de Protección	PC	UG	Notas
Bajatensión (ANSI 27)	X		<i>l - m</i>
Sobrepotencia adelante (ANSI 32)	X		<i>j</i>
Sobrecorriente de fases y tierra ANSI (51/51N) o (51V/51VN) o (67V/67VN)	X		<i>k</i>
Sobretensión (ANSI 59)	X		<i>l - m</i>
Sobretensión de secuencia cero (ANSI 59N)	X		<i>n</i>
Frecuencia (ANSI 81U/O)		X	<i>m - p</i>
Anti-isla		X	<i>q</i>
Chequeo a la energización	X		<i>r</i>

El proyecto fotovoltaico posee una capacidad instalada efectiva de 300kW AC, por lo tanto, el ajuste de las protecciones de tensión y frecuencia que se tendrá será con base en la Tabla 12. "Ajuste de protecciones sistémicas para sistemas de generación basados en inversores y frecuencia variable mayores a 0.25 MW y menores a 1 MW conectados al SDL" del acuerdo CNO 1862.

FUNCIÓN	AJUSTE	TEMPORIZACIÓN	OBSERVACIONES
Etapla 1: Baja tensión (ANSI 27)	0.8 p.u.	2 s	actuación de la protección con tensiones de fase - tierra
Etapla 2: Baja tensión (ANSI 27)	0.6 p.u.	0.2 s	actuación de la protección con tensiones de fase - tierra
Etapla 1: Sobretensión (ANSI 59)	1.12 p.u.	2 s	actuación de la protección con tensiones de fase - tierra
Etapla 2: Sobretensión (ANSI 59)	1.15 p.u.	0.2 s	actuación de la protección con tensiones de fase - tierra
Baja frecuencia (ANSI 81 U)	57 Hz	0.16 s	actuación de la protección con tensiones de fase - tierra
Sobre frecuencia (ANSI 81 O)	63 Hz	0.16	actuación de la protección con tensiones de fase - tierra

Teniendo en cuenta el nivel de tensión del punto de conexión que estaría en el transformador que estará asociado a la PTAP (13,2kV) Nivel II, los valores quedarían de la siguiente forma:

FUNCIÓN	AJUSTE	VALOR	TEMPORIZACIÓN
Etapla 1: Bajatensión (ANSI 27)	0,8	10.56kV	2 s
Etapla 2: Bajatensión (ANSI 27)	0,6	7.92kV	0.2 s
Etapla 1: Sobretensión (ANSI 59)	1,12	14.78kV	2 s
Etapla 2: Sobretensión (ANSI 59)	1,15	15.18kV	0.2 s
Bajafrecuencia (ANSI 81 U)	0,95	57Hz	0.16s
Sobrefrecuencia (ANSI 81 o)	1,05	63Hz	0.16 s

Cabe resaltar que el sistema de generación conectado Nivel II (13.2kV), deberá disponer de un equipo de interrupción con la capacidad de abrir ante las máximas corrientes de cortocircuito. De acuerdo con la tabla 9. "Requisitos equipos de interrupción".

Requerimiento	Equipo de Corte	Notas
Sistemas de generación síncronos o de inducción	Reconectador o Interruptor de Potencia	s
Sistemas de generación basados en inversores ≤ 0.25 MW	Interruptor termomagnético o Interruptor con unidades de disparo ¹³	t
Sistemas de generación basados en inversores > 0.25 MW y ≤ 1 MW	Interruptor con unidades de disparo o Reconectador o Interruptor de Potencia	u - v
Sistemas de generación basados en inversores > 1 MW y ≤ 5 MW	Reconectador o Interruptor de Potencia ¹⁴	u - w
Sistemas de generación > 5 MW	Reconectador o Interruptor de Potencia ¹⁴	u - s

Debido a estos criterios se instalará en el punto de conexión un reconectador a 13.2kV y 100A el cual es el comercialmente utilizado acompañado de los seccionadores tipo cuchilla monopolares a 100A, y para alimentar dicho reconectador se utiliza un transformador de 0,5KVA el cual es el estipulado por el OR para operar los elementos de protección y desconexión mencionados.

Los parámetros estipulados en el CNO 1862 para estos equipos se incluirán dentro del diagrama unifilar.

9.14. Cálculos de canalizaciones (tubos, ductos, canales y electroductos), bandejas portacables y volumen de encerramientos (cajas, conduletas, armarios, etc.).

El dimensionamiento de cada canalización se debe cumplir con lo establecido en el Artículo 392.22 de la norma NTC 2050 para bandejas portacables y un máximo de ocupación del 40% para tubería Conduit.

Teniendo en cuenta los parámetros de los conductores desglosados anteriormente, se describe en la siguiente tabla los cálculos en de las canalizaciones a utilizar.

Paneles hasta inversor					
Conductor	6 mm ²	10 AWG	4 mm ²		
Cantidad	2		1		
Área total	63,14 mm ²	21,48 mm ²	,00 mm ²		
Área a ocupar en bandeja		84,62 mm ²			
Diámetro de tubería		3/4"			
% ocupación		23,97%			
Inversores hasta el tablero de distribución					
Conductor	2/0 AWG	2/0 AWG	6 AWG		
Cantidad	3	1	1		
Área total	579,30 mm ²	193,10 mm ²	56,35 mm ²		
Área a ocupar en tubería		828,74 mm ²			
Diámetro de tubería		3"			
% ocupación		17,12%			
Transformador hasta el afloramiento					
Conductor	2 AWG	2 AWG	1/0 AWG		
Cantidad	3	0	0		
Área total	312,69 mm ²	,00 mm ²	,00 mm ²		
Área a ocupar en tubería		312,69 mm ²			
Diámetro de tubería		2"			
% ocupación		14,23%			

Tabla 16. Cálculo de canalizaciones.

9.15. Cálculo de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia

Las pérdidas de energía del sistema se obtienen a partir de los datos de simulación del sistema en el software PVsyst, el cual tiene en cuenta las características físicas de cada elemento del sistema y las corrientes que pueden circular por ellos. El software presenta un balance energético de la instalación completa, hasta la salida del inversor, el cual se resume en la figura 20.

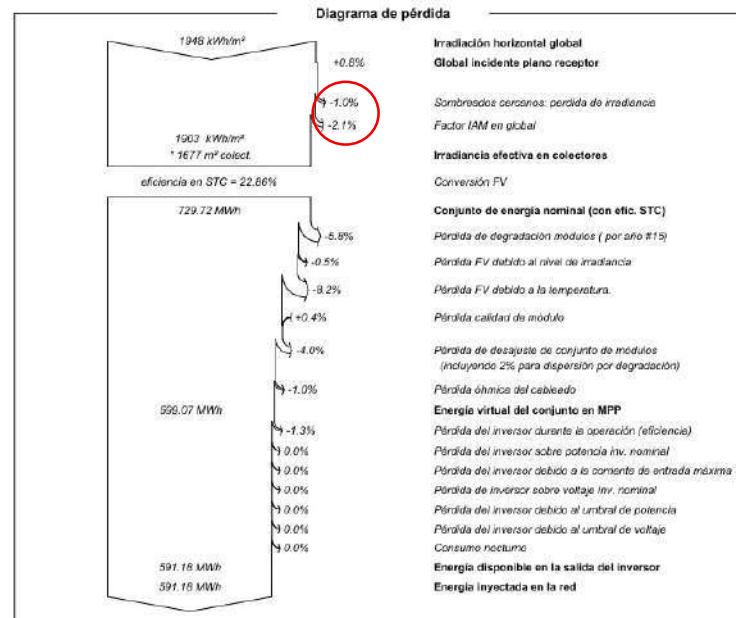


Figura 20. Pérdidas de energía del sistema (Simulación en PVsyst)

Desde la salida de la solución de transformación hasta el punto de conexión con el OR, se calculan las pérdidas de acuerdo con los valores de corriente y tensión para los conductores en el sistema, como presenta la Tabla 17 y 18.

9.16. Cálculos de regulación de tensión

9.16.1. Regulación de tensión DC.

La caída de tensión entre los arreglos y la entrada a los inversores se presenta en la Tabla 17, con un conductor calibre 6 mm² de cobre. Se considera una caída de tensión máxima del 2% hasta la entrada de los inversores.

Circuito	Arreglo	MPPT	Entrada inversor	Longitud [m]	Modulos conectados en serie	Series conectadas en paralelo	Tensión VOC [V]	Corriente de operación Imp STC [A]	Corriente de corto circuito STC [A]	Corriente de corto circuito con factor de ajuste 1,25 Imp [A]	Conductor
CT-INVERSOR1	1	1	PV1	70	18	1	877,19	17,38	18,42	23,02	6 mm2
	2	2	PV2	64	18	1	877,19	17,38	18,42	23,02	6 mm2
	3	3	PV3	58	18	1	877,19	17,38	18,42	23,02	6 mm2
	4	4	PV4	52	18	1	877,19	17,38	18,42	23,02	6 mm2
	5	5	PV5	46	18	1	877,19	17,38	18,42	23,02	6 mm2
	6	6	PV6	40	18	1	877,19	17,38	18,42	23,02	6 mm2
	7	7	PV7	34	18	1	877,19	17,38	18,42	23,02	6 mm2
	8	8	PV8	28	18	1	877,19	17,38	18,42	23,02	6 mm2
	9	9	PV9	22	18	1	877,19	17,38	18,42	23,02	6 mm2
	10	10	PV10	16	18	1	877,19	17,38	18,42	23,02	6 mm2

Sección transversal mm²	Ampacidad según ficha técnica	Corrección por temperatura	Cantidad de conductores	Ampacidad corregida (I'z)	Factor de carga	Temperatura del cable	Resistividad ajustada	Resistencia [Ohm/km]	Caída de tensión (Imp) [V]	Caída de tensión (Imp) [%]	Perdidas [W]	Perdidas (Imp) [%]
6,00	57	1,00	1-3	57,00	0,40	84,4236	2,11E-08	3,51	9,05	1,03%	148,34	1,17%
6,00	57	1,00	1-3	57,00	0,40	84,4236	2,11E-08	3,51	8,27	0,94%	135,62	1,07%
6,00	57	1,00	1-3	57,00	0,40	84,4236	2,11E-08	3,51	7,50	0,85%	122,91	0,97%
6,00	57	1,00	1-3	57,00	0,40	84,4236	2,11E-08	3,51	6,72	0,77%	110,19	0,87%
6,00	57	1,00	1-3	57,00	0,40	84,4236	2,11E-08	3,51	5,95	0,68%	97,48	0,77%
6,00	57	1,00	1-3	57,00	0,40	84,4236	2,11E-08	3,51	5,17	0,59%	84,76	0,67%
6,00	57	1,00	1-3	57,00	0,40	84,4236	2,11E-08	3,51	4,39	0,50%	72,05	0,57%
6,00	57	1,00	1-3	57,00	0,40	84,4236	2,11E-08	3,51	3,62	0,41%	59,34	0,47%
6,00	57	1,00	1-3	57,00	0,40	84,4236	2,11E-08	3,51	2,84	0,32%	46,62	0,37%
6,00	57	1,00	1-3	57,00	0,40	84,4236	2,11E-08	3,51	2,07	0,24%	33,91	0,27%

Circuito	Arreglo	MPPT	Entrada inversor	Longitud [m]	Modulos conectados en serie	Series conectadas en paralelo	Tensión VOC [V]	Corriente de operación Imp STC [A]	Corriente de corto circuito STC [A]	Corriente de corto circuito con factor de ajuste 1,25 Imp [A]	Conductor
CT-INVERSOR2	1	1	PV1	70	18	1	877,19	17,38	18,42	23,02	6 mm2
	2	2	PV2	64	18	1	877,19	17,38	18,42	23,02	6 mm2
	3	3	PV3	58	18	1	877,19	17,38	18,42	23,02	6 mm2
	4	4	PV4	52	18	1	877,19	17,38	18,42	23,02	6 mm2
	5	5	PV5	46	18	1	877,19	17,38	18,42	23,02	6 mm2
	6	6	PV6	40	18	1	877,19	17,38	18,42	23,02	6 mm2
	7	7	PV7	34	18	1	877,19	17,38	18,42	23,02	6 mm2
	8	8	PV8	28	18	1	877,19	17,38	18,42	23,02	6 mm2
	9	9	PV9	22	18	1	877,19	17,38	18,42	23,02	6 mm2
	10	10	PV10	16	18	1	877,19	17,38	18,42	23,02	6 mm2

Sección transversal mm²	Ampacidad según ficha técnica	Corrección por temperatura	Cantidad de conductores	Ampacidad corregida (I'z)	Factor de carga	Temperatura del cable	Resistividad ajustada	Resistencia [Ohm/km]	Caída de tensión (Imp) [V]	Caída de tensión (Imp) [%]	Perdidas [W]	Perdidas (Imp) [%]
6,00	57	1,00	1-3	57,00	0,40	84,4236	2,11E-08	3,51	9,05	1,03%	148,34	1,17%
6,00	57	1,00	1-3	57,00	0,40	84,4236	2,11E-08	3,51	8,27	0,94%	135,62	1,07%
6,00	57	1,00	1-3	57,00	0,40	84,4236	2,11E-08	3,51	7,50	0,85%	122,91	0,97%
6,00	57	1,00	1-3	57,00	0,40	84,4236	2,11E-08	3,51	6,72	0,77%	110,19	0,87%
6,00	57	1,00	1-3	57,00	0,40	84,4236	2,11E-08	3,51	5,95	0,68%	97,48	0,77%
6,00	57	1,00	1-3	57,00	0,40	84,4236	2,11E-08	3,51	5,17	0,59%	84,76	0,67%
6,00	57	1,00	1-3	57,00	0,40	84,4236	2,11E-08	3,51	4,39	0,50%	72,05	0,57%
6,00	57	1,00	1-3	57,00	0,40	84,4236	2,11E-08	3,51	3,62	0,41%	59,34	0,47%
6,00	57	1,00	1-3	57,00	0,40	84,4236	2,11E-08	3,51	2,84	0,32%	46,62	0,37%
6,00	57	1,00	1-3	57,00	0,40	84,4236	2,11E-08	3,51	2,07	0,24%	33,91	0,27%

Circuito	Arreglo	MPPT	Entrada inverter	Longitud [m]	Modulos conectados en serie	Serie conectadas en paralelo	Tensión VOC [V]	Corriente de operación Imp STC [A]	Corriente de corto circuito STC [A]	Corriente de corto circuito con factor de ajuste 1,25 Imp [A]	Conductor	Sección transversal mm ²
CT-INVERTOR3	1	1	PV1	70	18	1	877,19	17,38	18,42	23,02	6 mm2	6,00
	2	2	PV2	64	18	1	877,19	17,38	18,42	23,02	6 mm2	6,00
	3	3	PV3	58	18	1	877,19	17,38	18,42	23,02	6 mm2	6,00
	4	4	PV4	52	18	1	877,19	17,38	18,42	23,02	6 mm2	6,00
	5	5	PV5	46	18	1	877,19	17,38	18,42	23,02	6 mm2	6,00
	6	6	PV6	40	18	1	877,19	17,38	18,42	23,02	6 mm2	6,00
	7	7	PV7	34	18	1	877,19	17,38	18,42	23,02	6 mm2	6,00
	8	8	PV8	28	18	1	877,19	17,38	18,42	23,02	6 mm2	6,00
	9	9	PV9	22	18	1	877,19	17,38	18,42	23,02	6 mm2	6,00
	10	10	PV10	16	18	1	877,19	17,38	18,42	23,02	6 mm2	6,00

Sección transversal mm ²	Ampacidad según ficha técnica	Corrección por temperatura	Cantidad de conductores	Ampacidad corregida (I'z)	Factor de carga	Temperatura del cable	Resistividad ajustada	Resistencia [Ohm/km]	Caída de tensión (Imp) [V]	Caída de tensión (Imp) [%]	Perdidas [W]	Perdidas (Imp) [%]
6,00	57	1,00	1-3	57,00	0,40	84,4236	2,11E-08	3,51	9,05	1,03%	148,34	1,17%
6,00	57	1,00	1-3	57,00	0,40	84,4236	2,11E-08	3,51	8,27	0,94%	135,62	1,07%
6,00	57	1,00	1-3	57,00	0,40	84,4236	2,11E-08	3,51	7,50	0,85%	122,91	0,97%
6,00	57	1,00	1-3	57,00	0,40	84,4236	2,11E-08	3,51	6,72	0,77%	110,19	0,87%
6,00	57	1,00	1-3	57,00	0,40	84,4236	2,11E-08	3,51	5,95	0,68%	97,48	0,77%
6,00	57	1,00	1-3	57,00	0,40	84,4236	2,11E-08	3,51	5,17	0,59%	84,76	0,67%
6,00	57	1,00	1-3	57,00	0,40	84,4236	2,11E-08	3,51	4,39	0,50%	72,05	0,57%
6,00	57	1,00	1-3	57,00	0,40	84,4236	2,11E-08	3,51	3,62	0,41%	59,34	0,47%
6,00	57	1,00	1-3	57,00	0,40	84,4236	2,11E-08	3,51	2,84	0,32%	46,62	0,37%
6,00	57	1,00	1-3	57,00	0,40	84,4236	2,11E-08	3,51	2,07	0,24%	33,91	0,27%

Tabla 17. Caída de tensión máxima por cadenas a cada inverter

9.16.2. Regulación de tensión AC.

La caída de tensión desde la salida de los inversores a la entrada a la solución de transformación se presenta en la Tabla 20, tomando una distancia de cada uno de los inversores. Se considera una caída de tensión máxima del 1%.

REFERENCIA	POTENCIA [kW]	Tensión Salida [V]	Conexión	Factor de potencia	Corriente Nominal [A]	Calibre Conductor CU	Conductores por fase	Ampacidad	Ampacidad corregida (I'z)	Canalización
Acometida Inversor 1 hasta tablero B.T del transformador	100,00	480	Trifásico	0,95	126,612	2/0 AWG	1	175	175	Conduit PVC

Conductores por canalización	Factor de Agrupación	Factor de Temperatura	Corriente Nom. * 1,25	Factor de carga (Fc)	Protección Recomendada	Temperatura del cable	Resistividad ajustada	Resistencia [Ohm/km]	Factor de potencia	Longitud máxima [m]	Caída de tensión [V]	Caída de tensión [%]	Perdidas (W)	Perdidas [%]	Perdidas [kWh/año]
3	1	1,00	158,26	0,72	170	41,598	1,77E-08	0,263	1	25,0	1,44	0,30%	316,17	0,32%	1384,83

REFERENCIA	POTENCIA [kW]	Tensión Salida [V]	Conexión	Factor de potencia	Corriente Nominal [A]	Calibre Conductor CU	Conductores por fase	Ampacidad	Ampacidad corregida (I'z)	Canalización
Acometida Inversor 2 hasta tablero B.T del transformador	100,00	480	Trifásico	0,95	126,612	2/0 AWG	1	175	175	Conduit PVC

Conductores por canalización	Factor de Agrupación	Factor de Temperatura	Corriente Nom. * 1,25	Factor de carga (Fc)	Protección Recomendada	Temperatura del cable	Resistividad ajustada	Resistencia [Ohm/km]	Factor de potencia	Longitud máxima [m]	Caída de tensión [V]	Caída de tensión [%]	Perdidas (W)	Perdidas [%]	Perdidas [kWh/año]
3	1	1,00	158,26	0,72	170	41,598	1,77E-08	0,263	1	10,0	0,58	0,12%	126,47	0,13%	553,93

REFERENCIA	POTENCIA [kW]	Tensión Salida [V]	Conexión	Factor de potencia	Corriente Nominal [A]	Calibre Conductor CU	Conductores por fase	Ampacidad	Ampacidad corregida (I'z)	Canalización
Acometida Inversor 3 hasta tablero B.T del transformador	100,00	480	Trifásico	0,95	126,612	2/0 AWG	1	175	175	Conduit PVC

Conductores por canalización	Factor de Agrupación	Factor de Temperatura	Corriente Nom. * 1,25	Factor de carga (Fc)	Protección Recomendada	Temperatura del cable	Resistividad ajustada	Resistencia [Ohm/km]	Factor de potencia	Longitud máxima [m]	Caída de tensión [V]	Caída de tensión [%]	Perdidas (W)	Perdidas [%]	Perdidas [kWh/año]
3	1	1,00	158,26	0,72	170	41,598	1,77E-08	0,263	1	25,0	1,44	0,30%	316,17	0,32%	1384,83

Tabla 18. Caída de tensión AC de inversores

9.16.3. Regulación de tensión desde el transformador afloramiento y punto de conexión del OR

En las Tablas 19 y 20 se presentan las regulaciones de tensión de la red de distribución al punto de conexión del OR, tomando la capacidad máxima de los sistemas proyectados y existentes. Se acepta un porcentaje de regulación máximo de 1%.

REFERENCIA	POTENCIA [kW]	Tensión Salida [V]	Conexión	Factor de potencia	Corriente Nominal [A]	Calibre Conductor CU	Conductores por fase	Ampacidad	Ampacidad corregida (I'z)	Canalización
Acometida transformador de 300KVA hasta afloramiento	300,00	13200	Trifásico	0,95	13,812	2 AWG	1	115	115	Conduit PVC

Conductores por canalización	Factor de Agrupación	Factor de Temperatura	Corriente Nom. * 1,25	Factor de carga (Fc)	Protección Recomendada	Temperatura del cable	Resistividad ajustada	Resistencia [Ohm/km]	Factor de potencia	Longitud máxima [m]	Caída de tensión [V]	Caída de tensión [%]	Perdidas (W)	Perdidas [%]	Perdidas [kWh/año]
3	1	1,00	17,27	0,12	20	73,986	1,75E-08	0,519	1	75,0	0,93	0,01%	22,29	0,01%	97,64

Tabla 19. Caída de tensión red de distribución (Transformador hasta afloramiento)

REFERENCIA	CARGA [kW]	Tensión Salida [V]	Conexión	Factor de potencia	Corriente Nominal [A]	Calibre Conductor AL	Conductores por fase	Ampacidad	Ampacidad corregida (I'z)	Canalización
Red M.T desde el afloramiento hasta el punto de conexión	300,00	13200	Trifásico	0,95	13,812	1/0 AWG	1	120	120	Conduit PVC

Conductores por canalización	Factor de Agrupación	Factor de Temperatura	Corriente Nom. * 1,25	Factor de carga (Fc)	Protección Recomendada	Temperatura del cable	Resistividad ajustada	Resistencia [Ohm/km]	Factor de potencia	Longitud máxima [m]	Caída de tensión [V]	Caída de tensión [%]	Perdidas (W)	Perdidas [%]	Perdidas [kWh/año]
3	1	1,00	17,27	0,12	20	74,068	2,93E-08	0,549	0,95	1637,0	21,48	0,16%	541,00	0,18%	2369,56

Tabla 20. Caída de tensión red de distribución (Afloramiento hasta punto de conexión)

9.17. Áreas clasificadas como peligrosas

El proyecto no identifica áreas clasificadas como peligrosas.

9.18. Diagramas unifilares

En los anexos del proyecto se presenta el diagrama unifilar del sistema.

9.19. Planos eléctricos para construcción

En los anexos del proyecto se presentan los planos eléctricos, la distribución de equipos y canalizaciones.

9.20. Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.

Debido a que se presenta un proyecto de diseño, el cuál debe ser ajustado a las condiciones de la comunidad en donde se proyecte su aplicación por el contratista, no se presentan planos eléctricos de construcción complementarios.

9.21. Distancias de seguridad o servidumbre requeridas

De acuerdo con lo establecido en el Título 10 del libro 3 del anexo general del RETIE 2024 y en lo expuesto mediante las Tablas 3.10.5.b para el nivel de tensión en corriente alterna del sistema (751 V - 15 kV), el límite de aproximación seguro para partes fijas expuestas será como mínimo de 1,5 m, mientras que para el límite de aproximación restringida y límite de aproximación técnica debe ser de 0,7 m.

Para el nivel de tensión en corriente continua del sistema (1,1 kV – 5 kV), de acuerdo con la Tabla 3.10.5.c el límite de aproximación seguro para partes fijas expuestas será como mínimo de 1,5 m, mientras que para el límite de aproximación restringida y límite de aproximación técnica debe ser de 0,5 m.

De acuerdo con el análisis para el cumplimiento en la etapa pre constructiva se contempla con las normativas establecida en el Artículo 13 del RETIE, en sus apartados 13.2 y 13.3. Distancias mínimas de seguridad para diferentes lugares y situaciones y distancias Mínimas entre conductores en la misma estructura, respectivamente.

En la Figura 21 se ilustran las distancias descritas anteriormente, tomadas del RETIE 2024.



Figura 3.10.5. a. Límites de aproximación.
Fuente: Adaptada de la Resolución 90708 del 2013.

Figura 21. Distancias mínimas de seguridad para trabajo

9.22. Justificación de desviaciones técnicas cuando sea estrictamente necesarias, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación

No se presentan desviaciones técnicas en el desarrollo de la ingeniería.

9.23. Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas

Los estudios complementarios se encuentran en los entregables pertenecientes a las demás áreas involucradas en el proyecto.

9.24. Selección, cálculo y especificación de equipos de generación de energía convencionales y no convencionales.

Para efectos de la simulación y presentación de resultados del sistema de generación fotovoltaica objeto del presente informe, se tuvieron en cuenta las características eléctricas de los elementos presentados a continuación:

ESPECIFICACIÓN	VALOR
Potencia nominal máxima	710 W
Tensión de circuito abierto	55.72 V
Corriente de corto circuito	14.27 A
Eficiencia	21.2%
Tensión máxima del sistema	1500 V
Coeficiente de temperatura (Pmax)	-0.29% / °C
Coeficiente de temperatura (Voc)	-0.25% / °C
Coeficiente de temperatura (Isc)	0.045% / °C

Tabla 21. Especificaciones técnicas de los paneles solares

ESPECIFICACIÓN	VALOR
Potencia nominal	100 kW
Tensión máxima entrada DC	1000 V
Número de MPPT	10
Entradas por MPPT	2
Corriente máxima de CC por MPPT	40A
Tensión de salida AC	480V, 3W+N+PE
Frecuencia AC	60 Hz
THD	<3%

Tabla 22. Especificaciones técnicas de los inversores

Se realiza la aclaración que para el cálculo de equipos, compatibilidad y disposición se utilizó el software de PVsyst y que la configuración de cada una de las cadenas de paneles solares se encuentra en la simulación incluida en los anexos del proyecto.

9.25. Recomendaciones.

El diseño y operación de esta mini granja solar de 300 KW se rige por:

- **RETIE versión 2024.**
- **NTC 2050** (Código Eléctrico Colombiano) segunda edición.
- **Resolución CREG 030 de 2018** (Autogeneración a pequeña escala).
- **Resolución CREG 174 de 2021** (Generación distribuida).
- **Procedimientos del operador de red local (OR), en este caso Afinia S.A.-ESP.**

Este numeral pretende compilar las recomendaciones técnicas, normativas y operativas necesarias para garantizar el funcionamiento correcto, además de la seguridad, eficiencia energética y sostenibilidad de este importante activo del proyecto general.

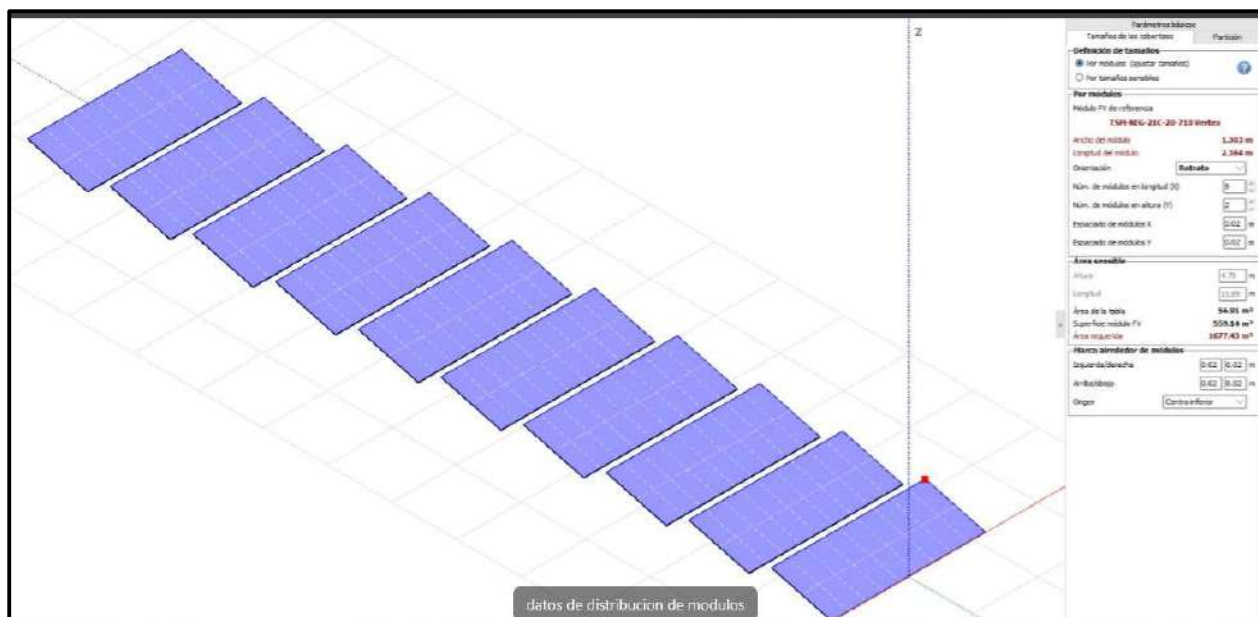
La mini granja solar fotovoltaica deberá ser construida y operada conforme a la normativa vigente en Colombia, incluyendo de manera obligatoria el RETIE versión 2024, la NTC 2050 segunda edición, las resoluciones CREG 030 de 2018 y CREG 174 de 2021, así como los requerimientos técnicos particulares del operador de red local.

Previamente a su construcción y puesta en funcionamiento, deben verificarse las condiciones de uso del suelo, accesos, servidumbres y, de ser necesario, los conceptos ambientales aplicables. En caso de aplicar a incentivos, el proyecto deberá cumplir con los requisitos establecidos en la Ley 1715 de 2014 y la Ley 2099 de 2021.

Como quiera que la potencia instalada del SFV es de 300 kWp CC, se sugiere una relación DC/AC entre 1,15 y 1,25. Esta situación implica una potencia nominal en CA con valores entre 240 kW y 260 kW.

Los módulos fotovoltaicos (paneles) seleccionados son de tecnología monocristalina de alta eficiencia (PERC o TOPCon), con potencias unitarias relacionadas al inicio de este documento, eficiencia mínima del 20,5 %, certificaciones IEC 61215 e IEC 61730, y garantías mínimas de doce (12) años para el producto en sí mismo y de veinticinco (25) años para potencia.

A continuación, se ilustran los parámetros básicos del diseño realizado:



Parámetros básicos

Descripción

Nombre: **Campo de cobertizo #2**

Parámetros del conjunto

Núm. de cobertizos: **10**

Distancia N-S: **6.40** m

Desalineación: **0.00** m

Pendiente cobertizo a cobertizo: **0.0**

Ángulo Límite PCS: **35.3°**

74.8%

Área sensible global

Área total: **559.14 m²**

Área requerida: **1677.43 m²**

Definido por módulos: **Número de módulos: 10 cobertizos x 18 mód. = 180**

Orientación

#1: Fijo, Incl. 15.0°, Azim. 28.6°

☐ Utiliza el promedio **Abrir** ?

Inclin. cobertizo: **15.0**

Azimuth: **28.6**

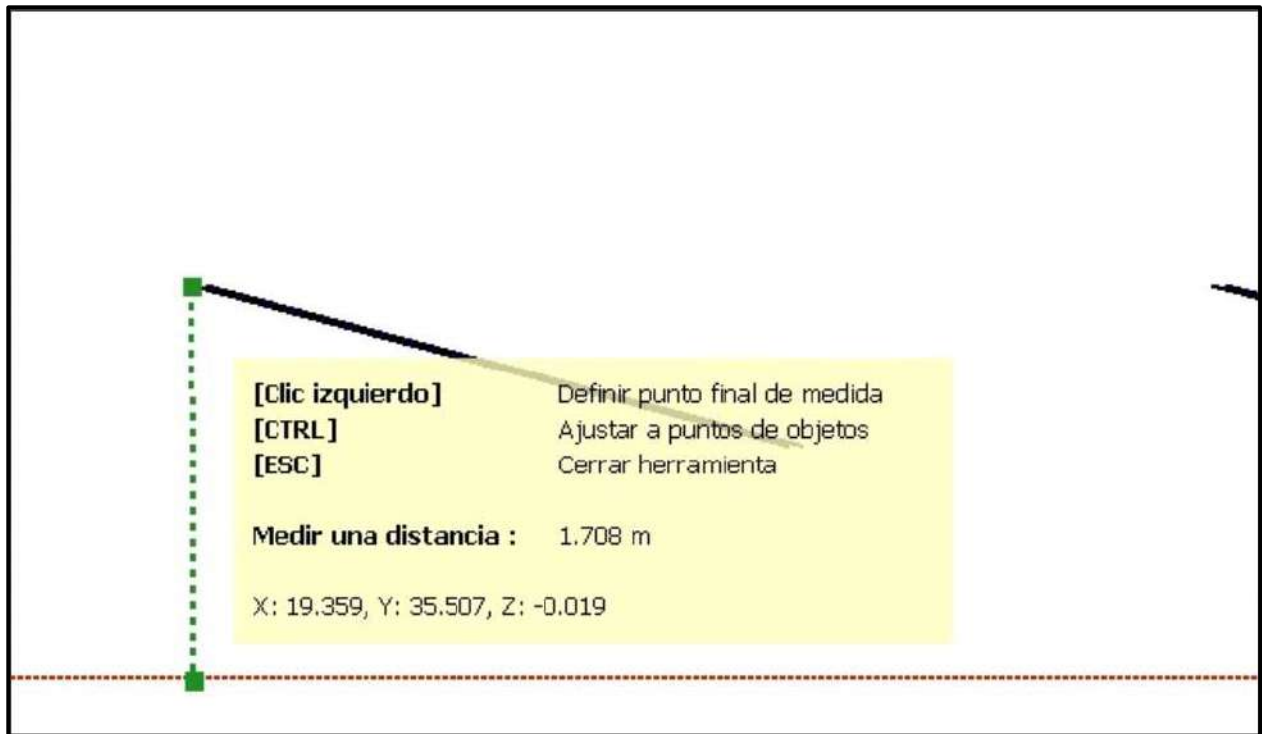
Pendiente de la línea de base: **0.0**

Posición y Orientación

Estos valores se definen al posicionarse en la escena 3D

X (Oeste): **-112.8 m** Z (Altitud): **1.0 m**

Y (Sur): **121.7 m**



El sistema de conversión utiliza inversores tipo string, con una eficiencia mínima del 98,5 %, grado de protección IP65 o superior y capacidad de comunicación para monitoreo remoto. La configuración eléctrica en corriente continua cumple con los límites de tensión de los inversores considerando las temperaturas extremas de la zona donde se construirá el SFV. Incluye además fusibles, seccionadores y dispositivos de protección contra sobretensiones tipo II en DC.

Por el lado de corriente alterna (CA) se cuenta con un tablero general que contiene un interruptor principal; también dispone de protecciones contra sobretensiones tipo II en CA y medición bidireccional.

El sistema de puesta a tierra es equipotencial, cumple estrictamente con las características estipuladas en el RETIE versión 2024 y garantiza una resistencia menor o igual a 10 ohmios.

Las estructuras de soporte serán fabricadas en acero galvanizado en caliente o utilizando aluminio, diseñadas conforme a la NSR-10 y a las condiciones específicas de viento, corrosión y tipo de suelo del lugar donde se construirá el SFV (se tiene muy presente que es zona costera en el mar caribe colombiano y la corrosión es un factor importante a tener en cuenta).

La orientación recomendada es hacia el sur geográfico, con inclinaciones típicas entre 8° y 15° según las características de esta región del país. El sistema incorpora una plataforma de monitoreo que permite visualizar la generación en tiempo real, registrar históricos, identificar alarmas y evaluar el desempeño del sistema, con un Performance Ratio esperado igual o superior al 80 %.

Para garantizar la operación continua del sistema, se deberá implementar un plan de operación y mantenimiento que incluya limpieza periódica de módulos entre dos y cuatro veces por año, inspecciones visuales mensuales, revisiones eléctricas semestrales y termografías anuales.

Todo el personal operativo debe estar certificado laboralmente en esta actividad específica y cumplir con los procedimientos de seguridad eléctrica existentes a nivel nacional; esto incluye el uso de Equipos de Protección Personal y Colectivo, protocolos de bloqueo y etiquetado. Adicionalmente, la planta solar deberá contar con cerramiento perimetral, señalización, extintores tipo C y, de ser requerido por las condiciones atmosféricas del lugar, un sistema de protección contra descargas atmosféricas.

La vida útil esperada del sistema fotovoltaico está entre veinticinco (25) y treinta (30) años, con una degradación anual de los módulos no superior al 0,55 %. En condiciones promedio de irradiación en Colombia, la producción anual estimada del sistema se encontrará en el rango de 450 a 520 MWh. El cumplimiento de estas recomendaciones técnicas y administrativas asegura un funcionamiento confiable, seguro y eficiente del proyecto, así como su viabilidad regulatoria y financiera a largo plazo.



DANIEL GALVAN GOMEZ

ING. ELECTRICISTA

AT205-185620

10.ANEXOS

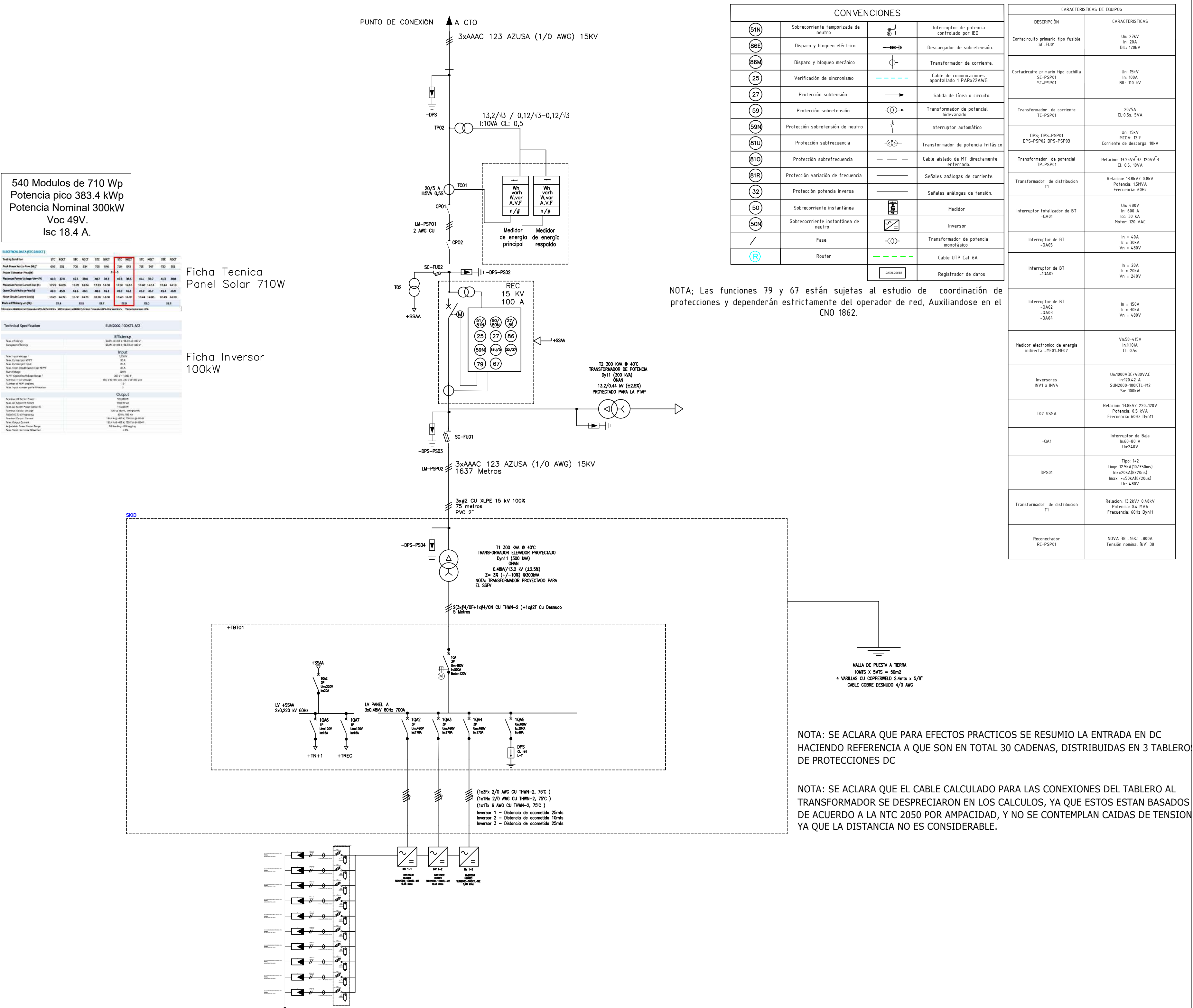
DIAGRAMA UNIFILAR

PLANOS ELECTRICOS

SIMULACION PVSYST

ANEXO 6

DIAGRAMA UNIFILAR SSFV 300kW



REPUBLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DE SUCRE
MUNICIPIO DE COVENAS

AREA:
20,000.000
PERIMETRO:
00 ML

MATRICULA INMOBILIARIA:
Mat.:
INTERVENTOR:

DISENO:
DISENO
Mat.: MATRICULA
INTERVENTOR
Mat.: MATRICULA

LEVANTO Y DIBUJO:
D-VAR CARLOS ALVARO GONZALEZ/PRIMA DE DIBUJO
Ing. Tpo. D.M.R.P.
MT. 76335094813VLL
ESCALA:
1:400

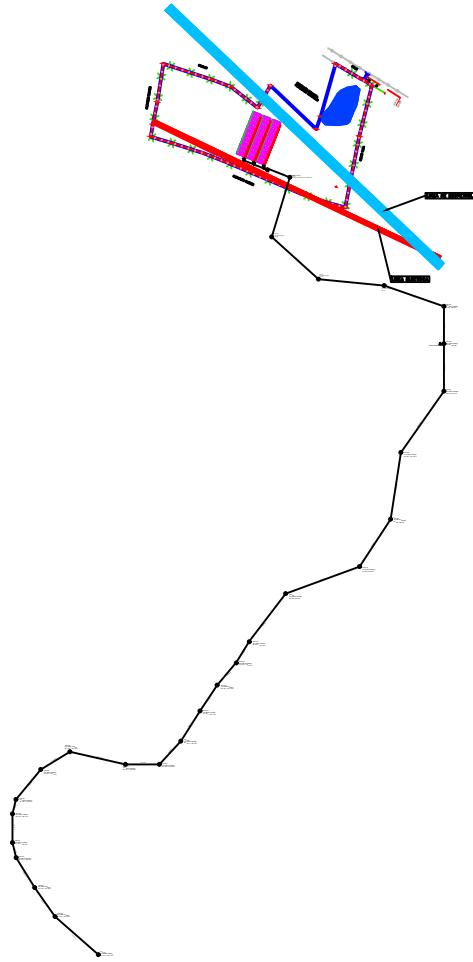
MODIFICACIONES							
I	MODIFICACION/REVISION	0-MARZO-27-2023	PRELIMINAR				
II	MODIFICACION						
III	MODIFICACION						
IV	MODIFICACION						
V	MODIFICACION						
VI	MODIFICACION						
VII	MODIFICACION						
VIII	MODIFICACION						

PROYECTO:

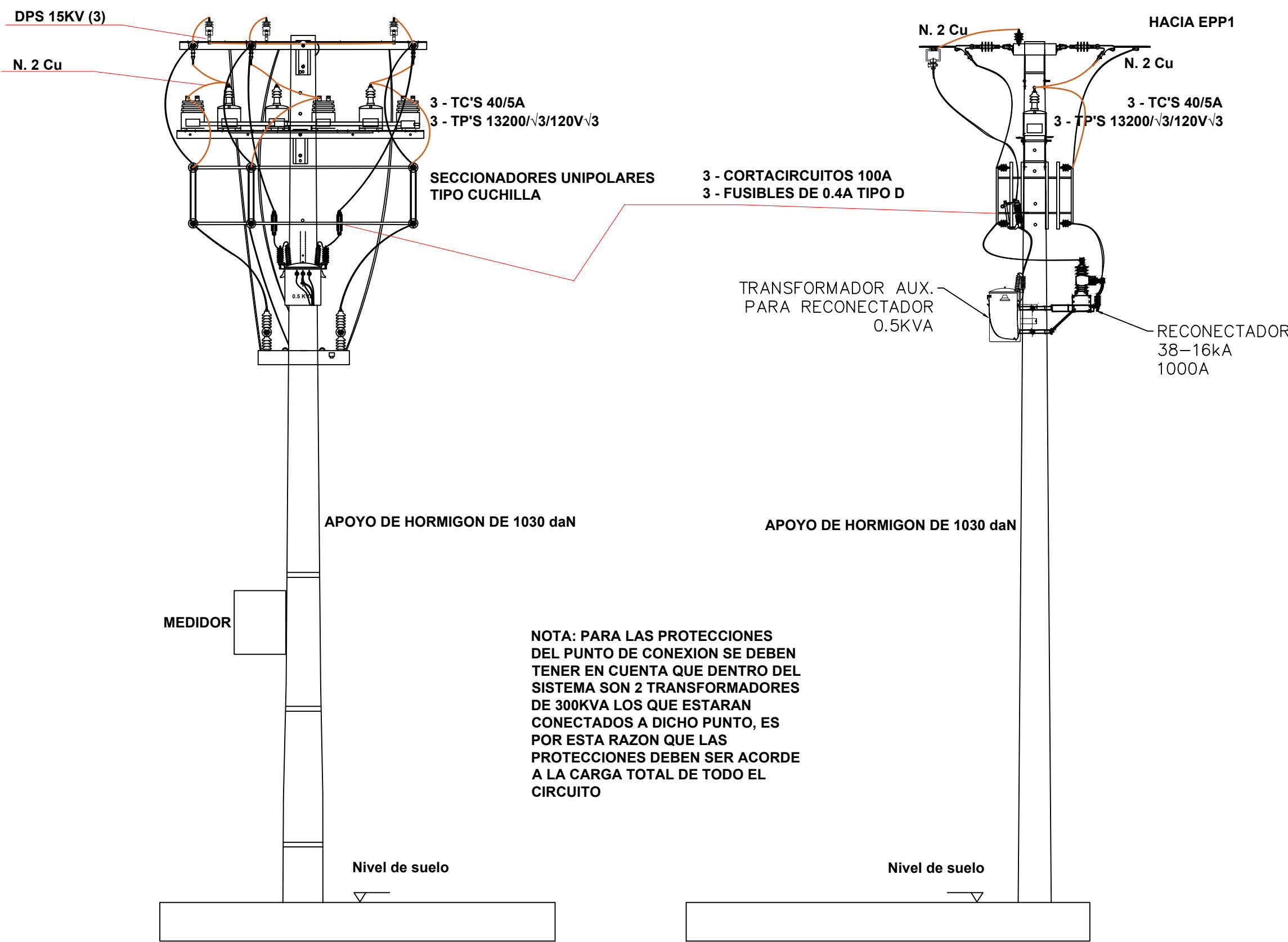
CONTIENE:
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO
PLANTA
LOTE-DEL-PARQUE

REFERENCIA:
ARCHIVO AUTOCAD:
LOTE-DWG
FECHA:
DICIEMBRE-2025

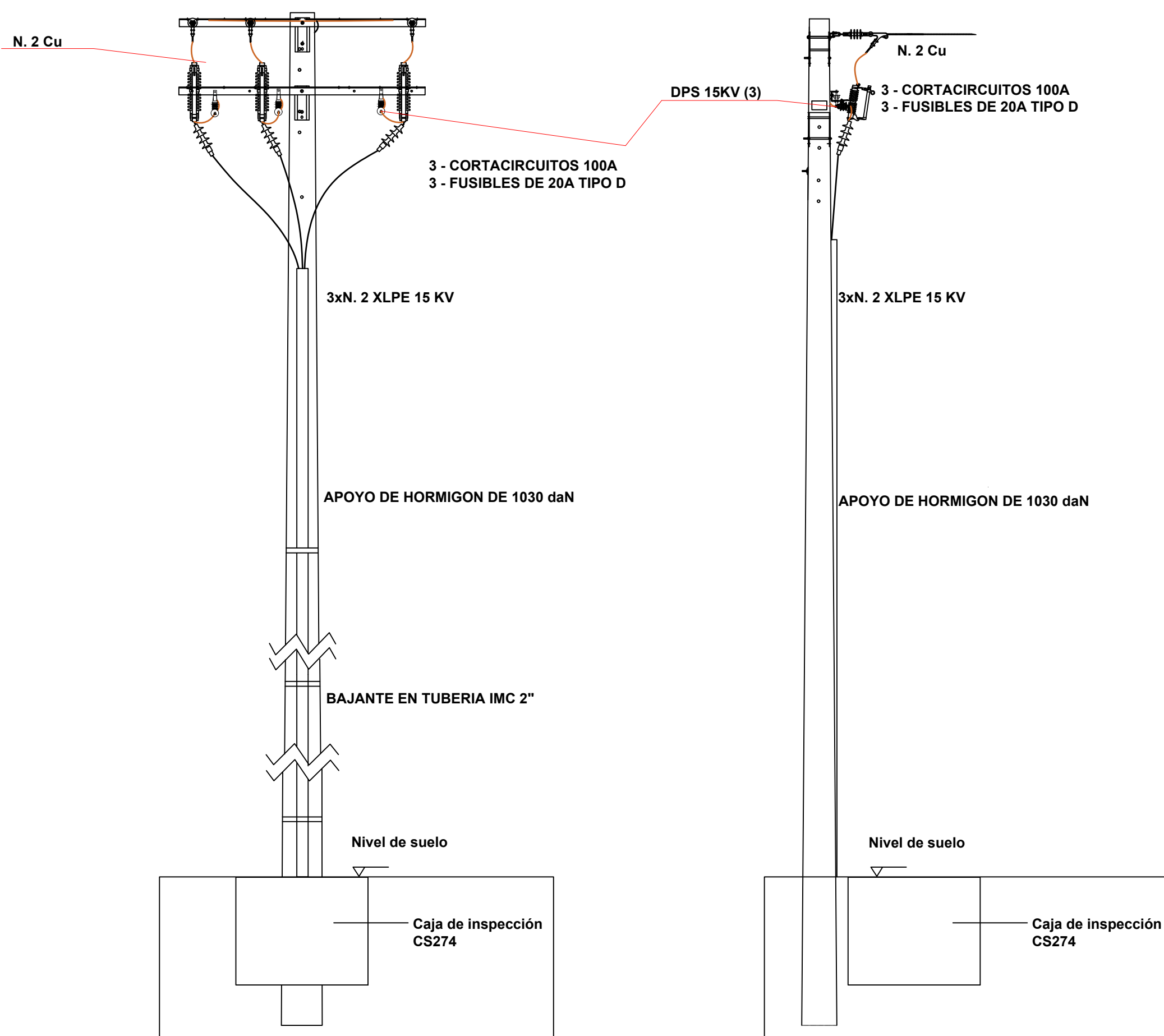
PLANCHA No.
1
DE
2
CONSECUTIVO:



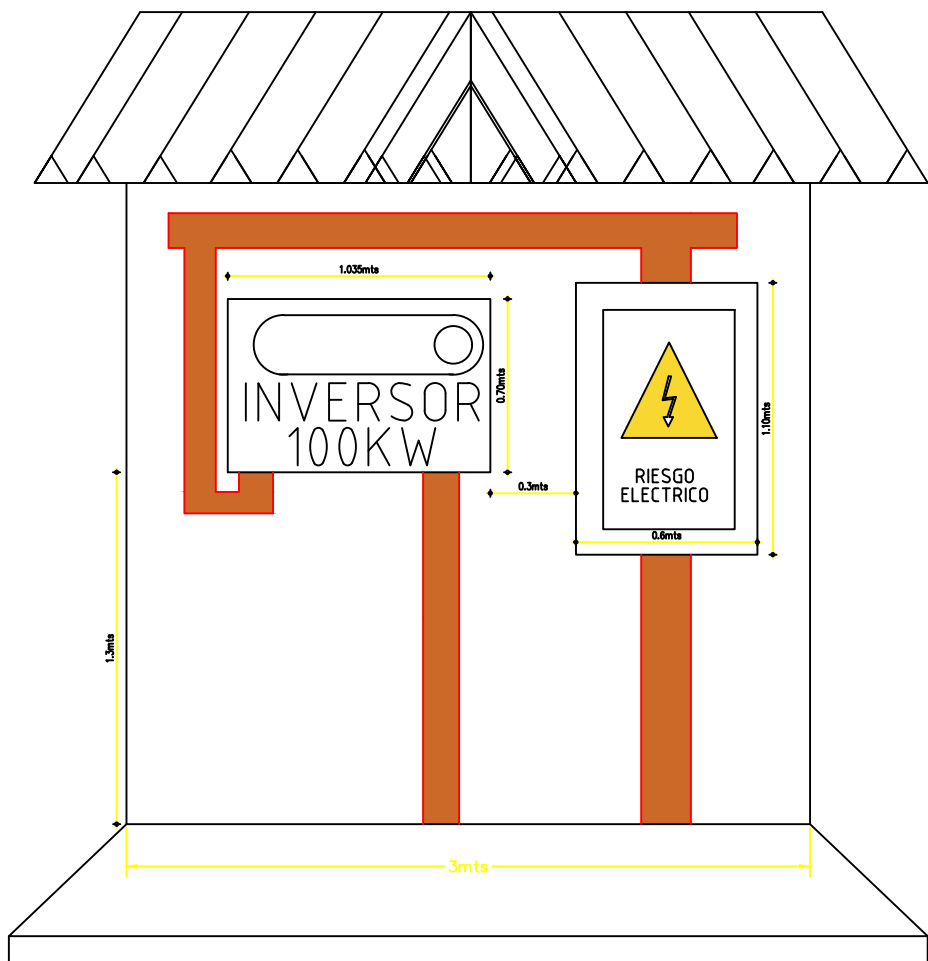
DETALLE PUNTO DE CONEXION: MEDIDA INDIRECTA, SECCIONADOR Y RECONECTADOR



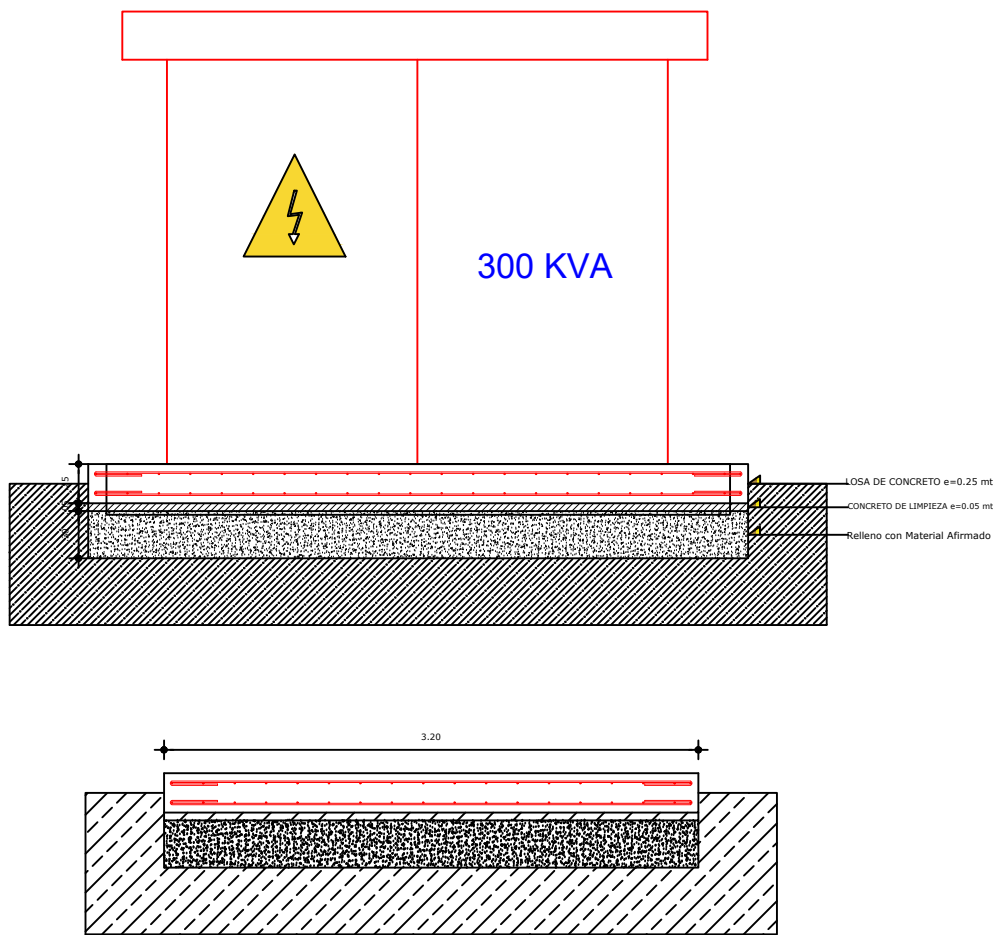
DETALLE: MEDIDA Y PASO DE AEREO A SUBTERRANEO



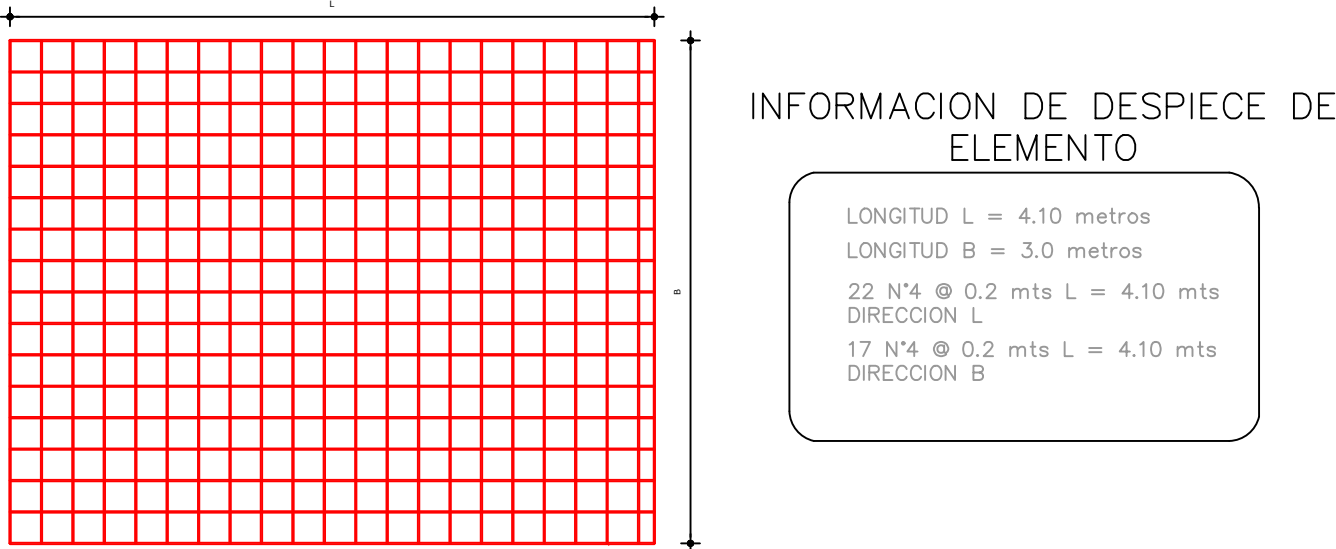
DETALLE 1: VISTA FRONTAL INVERSOR Y TABLERO DE PROTECCIONES DC EN CASETA 2 AGUAS



VISTA FRONTAL SUBESTACION



DESPIECE PEDESTAL ESTACION DE TRANSFORMACION



REPUBLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DE SUCRE
MUNICIPIO DE COVENAS

AREA:
20,000.000
PERIMETRO:
00 ML

MATRICULA INMOBILIARIA:
Mot.:
INTERVENTOR:

DISEÑO:
Mot.:
INTERVENTOR:
Mot.: MATRICULA

LEVANTO Y DIBUJO:
Ing. Tpfo. D.M.R.P.
MT. 76335094813VLL
ESCALA:
1:400

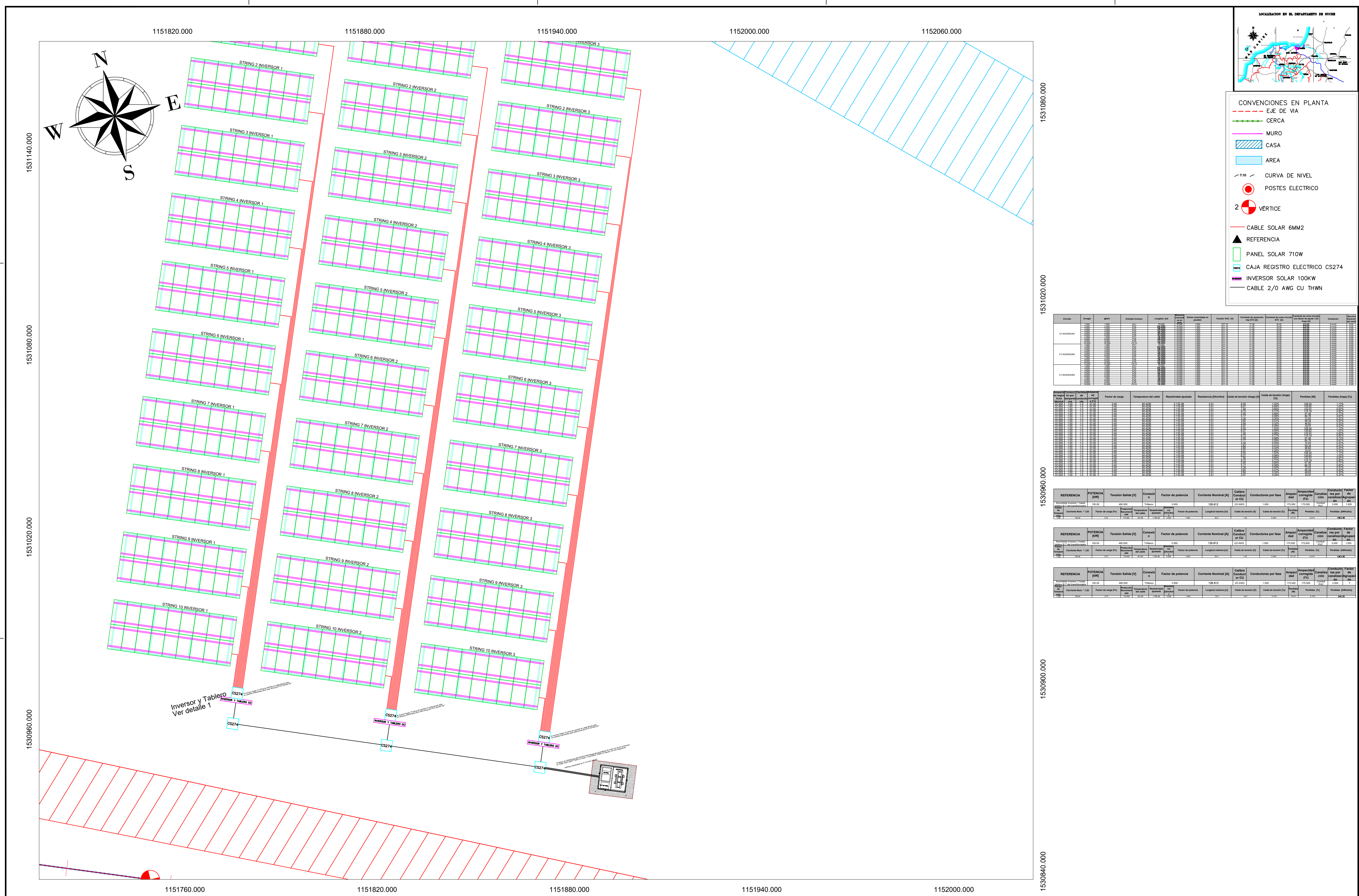
MODIFICACIONES							
I.	MODIFICACION	PREVISION	0-MARZO-27-2023	PRELIMINAR			
II.	MODIFICACION						
III.	MODIFICACION						
IV.	MODIFICACION						
V.	MODIFICACION						
VI.	MODIFICACION						
VII.	MODIFICACION						
VIII.	MODIFICACION						

PROYECTO:

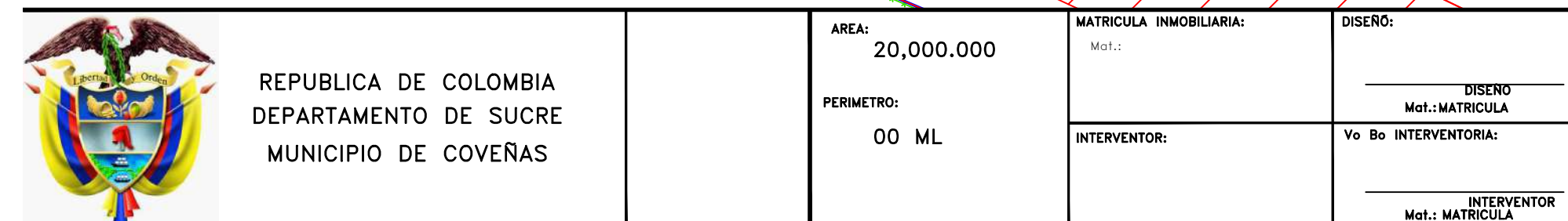
CONTIENE:
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO
PLANTA
LOTE-DEL-PARQUE

REFERENCIA:
ARCHIVO AUTOCAD:
LOTE-DWG
FECHA:
DICIEMBRE-2025

PLANCHAS No.
1
DE
2
CONSECUTIVO:



 REPUBLICA DE COLOMBIA DEPARTAMENTO DE SUCRE MUNICIPIO DE COVENAS	AREA: 20,000.000 PERIMETRO: 00 ML	AREA: INMOBILIARIA: Mat.: _____ INTERVENIOR: _____	DISEÑO: _____ Mo.: MATRICULA _____ Vo Bo INTERVENORIA: _____ INTERVENIOR _____ Mo.: MATRICULA _____	LEVANTO Y DIBUJO: _____ Ing. Tpf. D.M.R.P. _____ MT. 76335094813VLL _____ 1:400	M O D I F I C A C I O N E S I. MODIFICACION REVISIÓN-0-MARZO-27-DE-2023-PRELIMINAR II. MODIFICACION _____ III. MODIFICACION _____ IV. MODIFICACION _____ V. MODIFICACION _____ VI. MODIFICACION _____ VII. MODIFICACION _____ VIII. MODIFICACION _____	PROYECTO: _____	CONTIENE: LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO PLANTA LOTE-DEL-PARQUE	REFERENCIA: _____ ARCHIVO AUTOCAD: _____ LOTE-DWG _____ FECHA: DICIEMBRE-2025	PLANCHAS: 1 DE 2 CONSECUTIVO: _____
---	---	---	--	---	---	------------------------	---	---	---



	VARILLA DE COBRE DE 2.4MTS X 5/8"
	CABLE DE TIERRA 10 AWG THWN CU
	CABLE DE TIERRA 6 AWG THWN CU
	CABLE DE TIERRA 4/0 AWG CU
	PANEL SOLAR 710W
	CAJA REGISTRO ELECTRICO CS274
	INVERSOR INVERTER 100KW

ANEXO 7

PVsyst - Informe de simulación

Sistema conectado a la red

Proyecto: SSFV para la construcción de un sistema regional de abastecimiento de agua de acu

Variante: Nueva variante de simulación

Potencia del sistema: 383 kWp

Coveñas - Colombia

Author

DANIEL GALVAN GOMEZ (Colombia)



Proyecto: SSFV para la construcción de un sistema regional de abastecimiento de agua de acueductos

Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V8.0.17

VC0, Fecha de simulación:

31/10/25 17:32

con V8.0.17

DANIEL GALVAN GOMEZ (Colombia)

Resumen del proyecto

Sitio geográfico

Coveñas

Colombia

Situación

Latitud 9.39 °(N)

Longitud -75.69 °(W)

Altitud 13 m

Zona horaria UTC-5

Configuración del proyecto

Albedo 0.20

Datos meteo

Coveñas

Meteonorm 8.2 (2016-2021), Sat=100% - Sintético

Resumen del sistema

Sistema conectado a la red

Simulación para el año n° 15

Cobertizos en un edificio

Orientación #1

Plano fijo

Inclinación/Azimet 15 / 28.6 °

Sombreados cercanos

Sombreados lineales : Rápido (tabla)

Necesidades del usuario

Carga ilimitada (red)

Información del sistema

Generador FV

Núm. de módulos

Pnom total

540 unidades

383 kWp

Inversores

Núm. de unidades

Potencia total

Proporción Pnom

3 unidades

300 kWca

1.28

Resumen de resultados

Energía producida 591.18 MWh/año Producción específica 1542 kWh/kWp/año Proporción rend. PR 78.50 %

Tabla de contenido

Resumen de proyectos y resultados	2
Parámetros generales, Características del generador FV, Pérdidas del sistema	3
Definición del sombreado cercano - Diagrama de iso-sombreados	5
Resultados principales	6
Diagrama de pérdida	7
Gráficos predefinidos	8
Diagrama unifilar	9



Proyecto: SSFV para la construcción de un sistema regional de abastecimiento de agua de acueductos

Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V8.0.17

VC0, Fecha de simulación:
31/10/25 17:32
con V8.0.17

DANIEL GALVAN GOMEZ (Colombia)

Parámetros generales

Sistema conectado a la red

Orientación #1

Plano fijo

Inclinación/Azimet 15 / 28.6 °

Cobertizos en un edificio

Configuración de cobertizos

Núm. de cobertizos 30 unidades

Arreglos idénticos

Ángulo límite de sombreado

Ángulo límite de perfil 20.4 °

Tamaños

Espaciado entre cobertizos 4.40 m

Ancho de sensor 2.63 m

PCS Sombreado 60.1 %

Banda inactiva superior 0.02 m

Banda inactiva inferior 0.02 m

Modelos usados

Transposición Perez

Difuso Perez, Meteonorm

Circunsolar separado

Horizonte

Horizonte libre

Sombreados cercanos

Sombreados lineales : Rápido (tabla)

Necesidades del usuario

Carga ilimitada (red)

Características del generador FV

Módulo PV

Fabricante

Generic

Modelo TSM-NEG-21C-20-710 Vertex

(Base de datos PVsyst original)

Unidad Nom. Potencia 710 Wp

Inversor

Fabricante

Generic

Modelo SUN2000-100KTL-M2-480Vac

(Base de datos PVsyst original)

Unidad Nom. Potencia 100 kWca

Conjunto #1 - INVERSOR 1

Número de módulos FV 180 unidades

Nominal (STC) 128 kWp

Módulos 10 cadena x 18 En serie

En cond. de funcionam. (50°C)

Pmpp 119 kWp

U mpp 677 V

I mpp 175 A

Número de inversores 10 * MPPT 10% 1 unidad

Potencia total 100 kWca

Voltaje de funcionamiento 200-1000 V

Potencia máx. (=>40°C) 110 kWca

Proporción Pnom (CC:CA) 1.28

No hay reparto de potencia entre MPPTs

Conjunto #2 - INVERSOR 2

Número de módulos FV 180 unidades

Nominal (STC) 128 kWp

Módulos 10 cadena x 18 En serie

En cond. de funcionam. (50°C)

Pmpp 119 kWp

U mpp 677 V

I mpp 175 A

Número de inversores 10 * MPPT 10% 1 unidad

Potencia total 100 kWca

Voltaje de funcionamiento 200-1000 V

Potencia máx. (=>40°C) 110 kWca

Proporción Pnom (CC:CA) 1.28

No hay reparto de potencia entre MPPTs

Conjunto #3 - INVERSOR 3

Número de módulos FV 180 unidades

Nominal (STC) 128 kWp

Módulos 10 cadena x 18 En serie

En cond. de funcionam. (50°C)

Pmpp 119 kWp

U mpp 677 V

I mpp 175 A

Número de inversores 10 * MPPT 10% 1 unidad

Potencia total 100 kWca

Voltaje de funcionamiento 200-1000 V

Potencia máx. (=>40°C) 110 kWca

Proporción Pnom (CC:CA) 1.28

No hay reparto de potencia entre MPPTs

Potencia FV total

Nominal (STC) 383 kWp

Total 540 módulos

Área del módulo 1677 m²

Área celular 1572 m²

Potencia total del inversor

Potencia total 300 kWca

Número de inversores 3 unidades

Proporción Pnom 1.28

Sin reparto de potencia



Proyecto: SSFV para la construcción de un sistema regional de abastecimiento de agua de acueductos

Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V8.0.17

VC0, Fecha de simulación:

31/10/25 17:32

con V8.0.17

DANIEL GALVAN GOMEZ (Colombia)

Pérdidas del conjunto

Factor de pérdida térmica

Temperatura módulo según irradiancia
Uc (const) 20.0 W/m²K
Uv (viento) 0.0 W/m²K/m/s

Pérdidas de desajuste de módulo

Frac. de pérdida 2.00 % en MPP

Pérdidas de cableado CC

Res. conjunto global 63 mΩ
Res. de cableado global 21 mΩ
Frac. de pérdida 1.50 % en STC

Módulo de degradación media

Año n° 15
Factor de pérdida 0.4 %/año
Contribuciones Imp / Vmp 80% / 20%

Desajuste debido a la degradación

Dispersión Imp RMS 0.4 %/año
Dispersión Vmp RMS 0.4 %/año

Pérdida de calidad módulo

Frac. de pérdida -0.38 %

Factor de pérdida IAM

Efecto de incidencia (IAM): Fresnel, revestimiento AR, n(vidrio)=1.526, n(AR)=1.290

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.963	0.892	0.814	0.679	0.438	0.000



Proyecto: SSFV para la construcción de un sistema regional de abastecimiento de agua de acueductos

PVsyst V8.0.17

VC0, Fecha de simulación:
31/10/25 17:32
con V8.0.17

Variante: Nueva variante de simulación

DANIEL GALVAN GOMEZ (Colombia)

Parámetro de sombreados cercanos

Perspectiva del campo FV y la escena de sombreado circundante

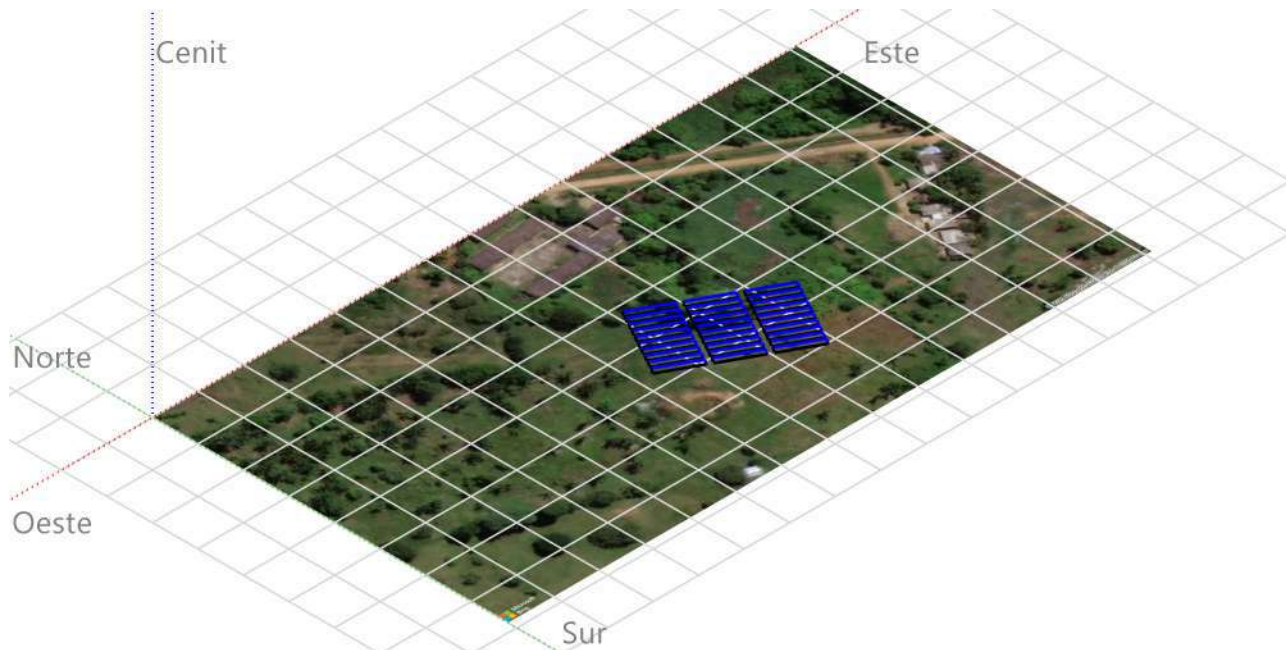
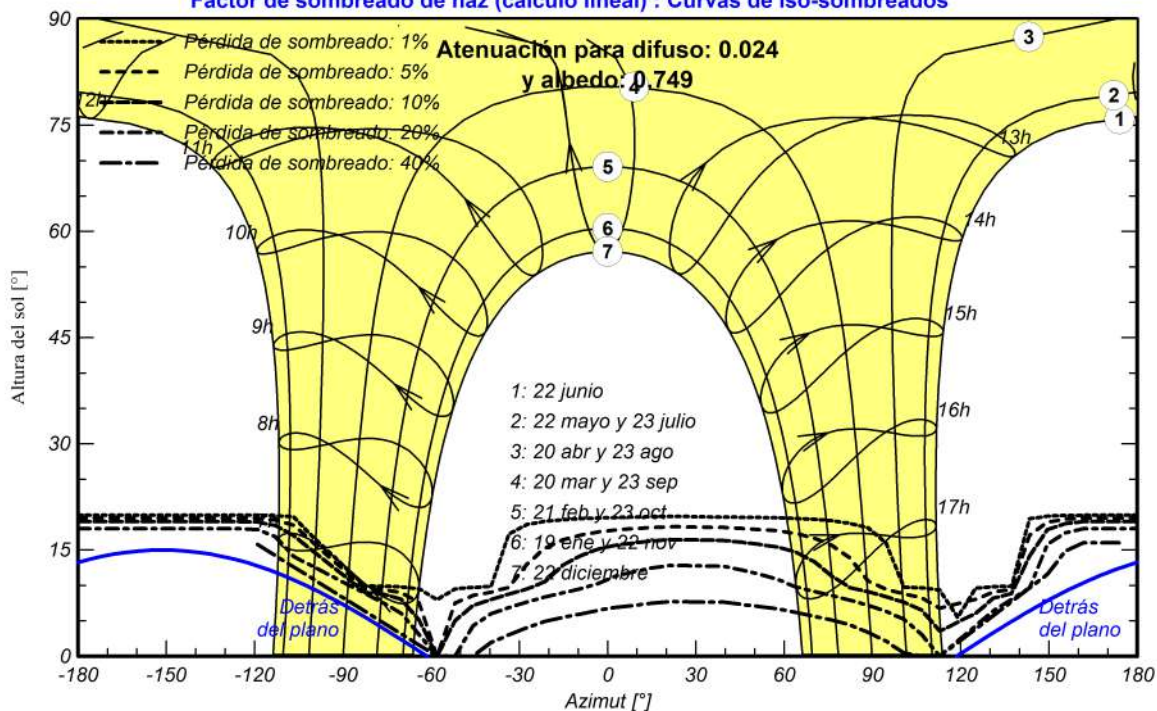


Diagrama de iso-sombreados

Orientación #1 - Plano fijo, Inclin./azimuts : 15°/ 28.6°

Factor de sombreado de haz (cálculo lineal) : Curvas de iso-sombreados



Proyecto: SSFV para la construcción de un sistema regional de abastecimiento de agua de acueductos

PVsyst V8.0.17

VC0, Fecha de simulación:
31/10/25 17:32
con V8.0.17

Variante: Nueva variante de simulación

DANIEL GALVAN GOMEZ (Colombia)

Resultados principales

Producción del sistema

Energía producida

591.18 MWh/año

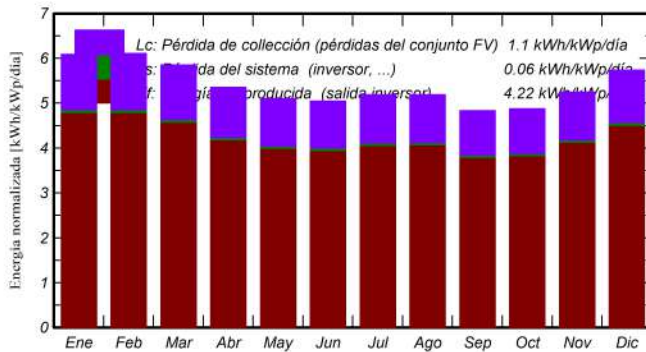
Producción específica

1542 kWh/kWp/año

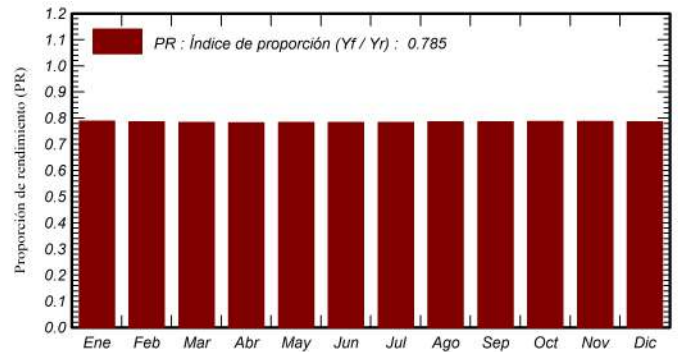
Proporción rend. PR

78.50 %

Producciones normalizadas (por kWp instalado)



Proporción de rendimiento (PR)



Balances y resultados principales

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	<i>kWh/m²</i>	<i>kWh/m²</i>	<i>°C</i>	<i>kWh/m²</i>	<i>kWh/m²</i>	<i>MWh</i>	<i>MWh</i>	<i>proporción</i>
Enero	169.7	61.99	25.99	188.6	183.7	57.76	57.02	0.788
Febrero	159.6	65.75	26.52	171.0	166.2	52.18	51.51	0.786
Marzo	178.4	77.66	27.53	181.3	176.3	55.17	54.43	0.783
Abril	164.9	75.83	28.31	160.6	155.7	48.81	48.17	0.782
Mayo	169.0	82.22	29.15	158.3	152.9	48.14	47.51	0.783
Junio	167.6	77.35	28.95	151.4	145.8	46.05	45.44	0.783
Julio	174.8	82.26	28.95	160.8	155.2	48.95	48.31	0.783
Agosto	168.9	88.70	28.76	160.8	155.4	49.07	48.43	0.785
Septiembre	145.5	83.30	27.89	144.9	139.9	44.27	43.68	0.786
Octubre	145.9	80.97	27.64	151.1	146.2	46.16	45.54	0.786
Noviembre	145.3	67.85	27.01	157.4	152.6	48.15	47.52	0.787
Diciembre	158.7	59.43	26.81	177.9	173.0	54.36	53.63	0.786
Año	1948.4	903.32	27.80	1964.1	1903.0	599.07	591.18	0.785

Leyendas

GlobHor Irradiación horizontal global

DiffHor Irradiación difusa horizontal

T_{Amb} Temperatura ambiente

GlobInc *Global incidente plano receptor*

GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados

EArray *Energía efectiva a la salida del conjunto*

E_Grid *Energía inyectada en la red*

PR Proporción de rendimiento



Proyecto: SSFV para la construcción de un sistema regional de abastecimiento de agua de acueductos

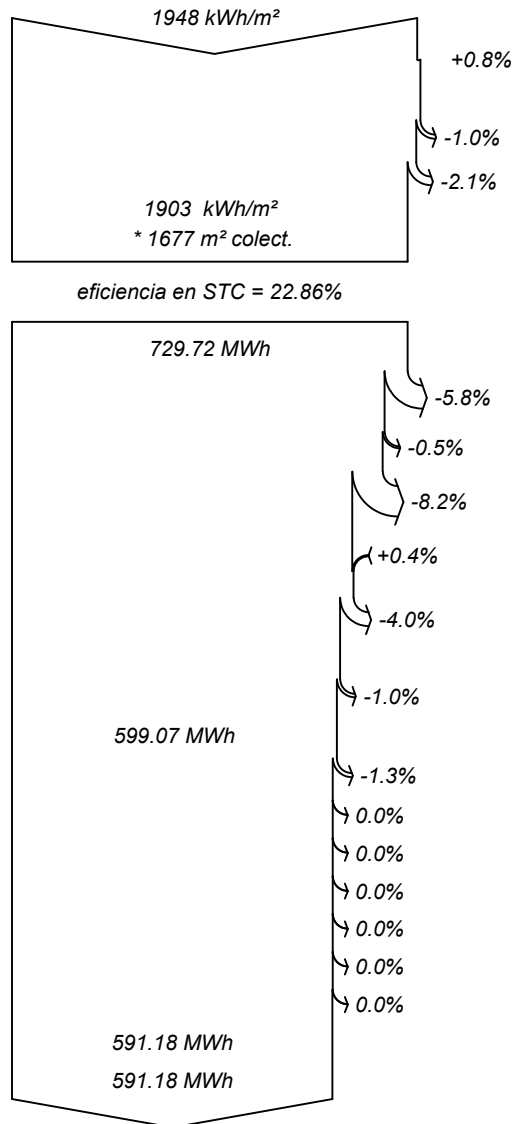
Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V8.0.17

VC0, Fecha de simulación:
31/10/25 17:32
con V8.0.17

DANIEL GALVAN GOMEZ (Colombia)

Diagrama de pérdida



Irradiación horizontal global

Global incidente plano receptor

Sombreados cercanos: pérdida de irradiancia

Factor IAM en global

Irradiancia efectiva en colectores

Conversión FV

Conjunto de energía nominal (con efic. STC)

Pérdida de degradación módulos (por año #15)

Pérdida FV debido al nivel de irradiancia

Pérdida FV debido a la temperatura.

Pérdida calidad de módulo

Pérdida de desajuste de conjunto de módulos
(incluyendo 2% para dispersión por degradación)

Pérdida óhmica del cableado

Energía virtual del conjunto en MPP

Pérdida del inversor durante la operación (eficiencia)

Pérdida del inversor sobre potencia inv. nominal

Pérdida del inversor debido a la corriente de entrada máxima

Pérdida de inversor sobre voltaje inv. nominal

Pérdida del inversor debido al umbral de potencia

Pérdida del inversor debido al umbral de voltaje

Consumo nocturno

Energía disponible en la salida del inversor

Energía inyectada en la red



Proyecto: SSFV para la construcción de un sistema regional de abastecimiento de agua de acueductos

Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V8.0.17

VC0, Fecha de simulación:

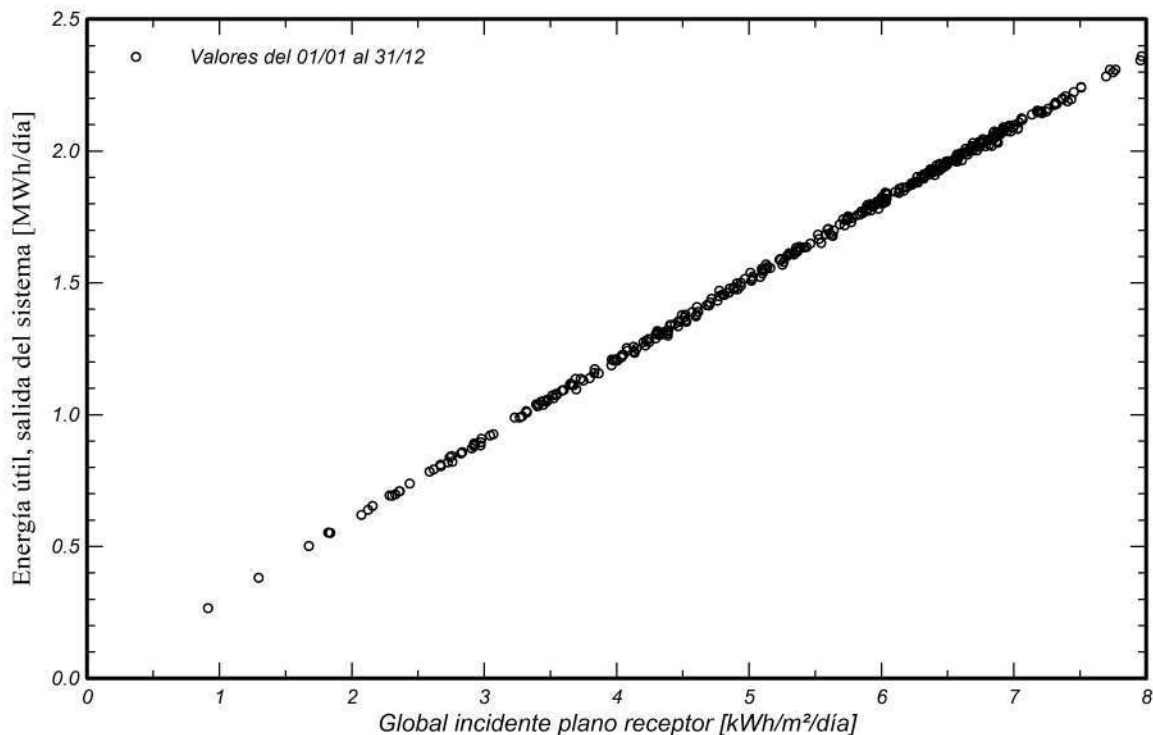
31/10/25 17:32

con V8.0.17

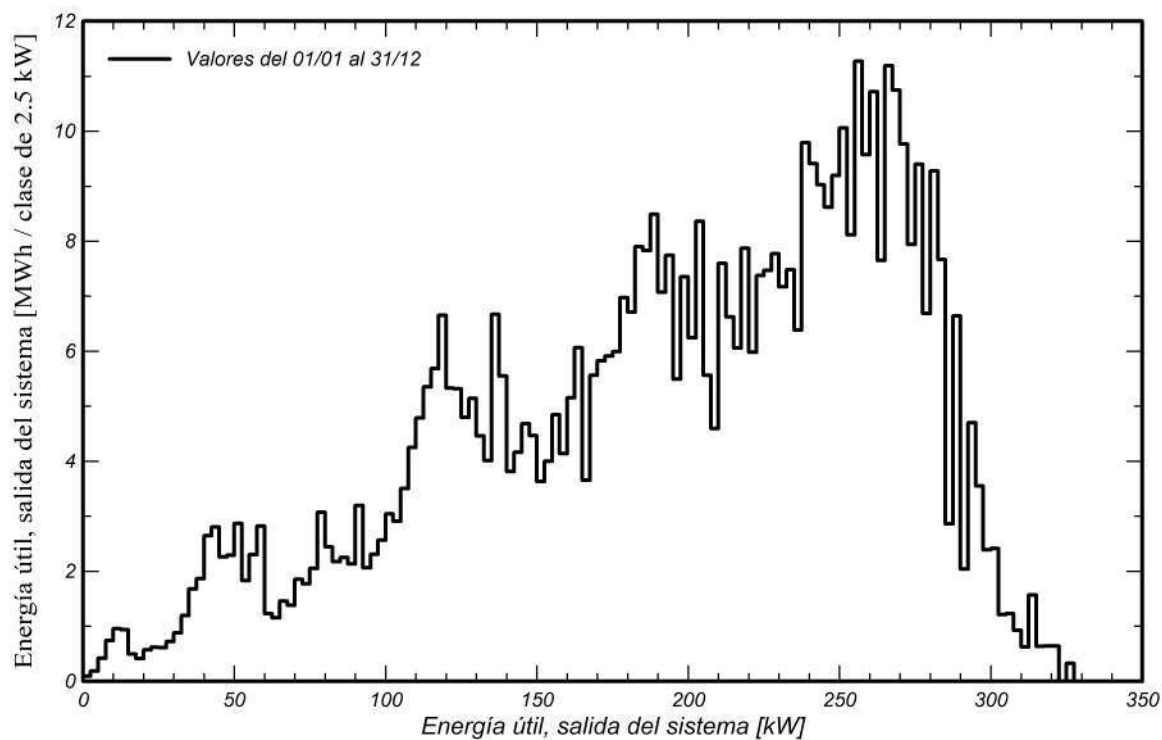
DANIEL GALVAN GOMEZ (Colombia)

Gráficos predefinidos

Diagrama entrada/salida diaria



Distribución de potencia de salida del sistema





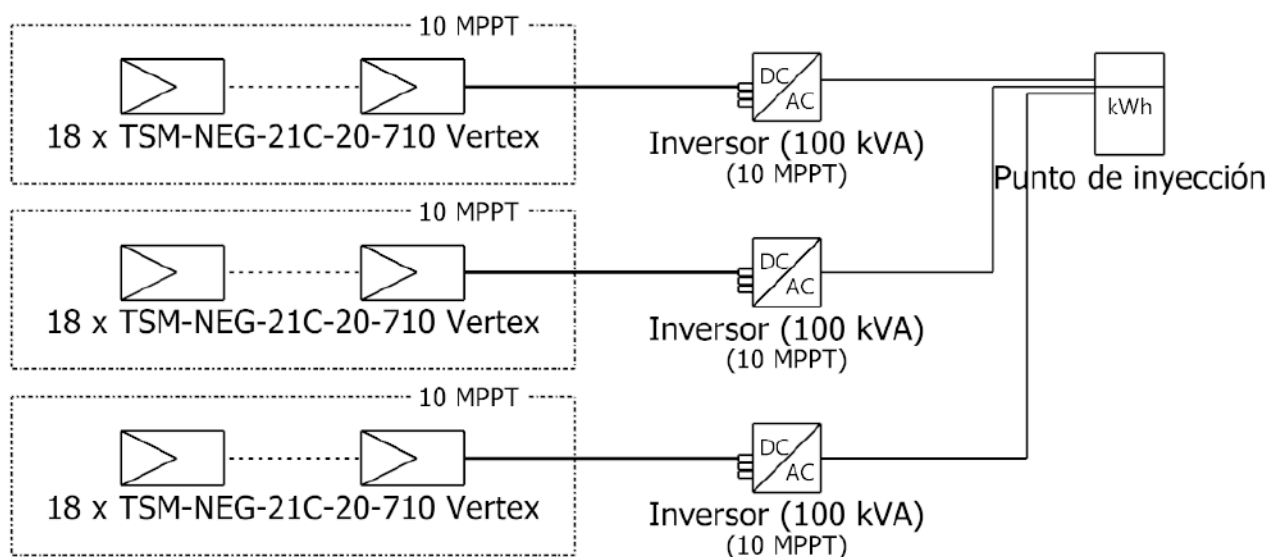
PVsyst V8.0.17

VC0, Fecha de simulación:

31/10/25 17:32

con V8.0.17

Diagrama unifilar



Módulo PV	TSM-NEG-21C-20-710 Vertex
Inversor	SUN2000-100KTL-M2-480Vac
Cadena	18 x TSM-NEG-21C-20-710 Vertex

SSFV para la construcción de un
sistema regional de abastecimie

DANIEL GALVAN G
OMEZ (Colombia)

VC0 : Nueva variante de simulación

31/10/25

ANEXO 8

CÓDIGO OBRA
P44402025100043

DISEÑO DEL PROYECTO

SISTEMA REGIONAL DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LOS ACUEDUCTOS DE LOS MUNICIPIOS DE COVEÑAS Y SANTIAGO DE TOLÚ EN EL DEPARTAMENTO DE SUCRE (PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE).

BPIN_2025000020046

PROYECTISTA
ING. ALVARO LAGUNA
MP: AN205-5312

FECHA: 11 DE NOVIEMBRE DE 2025

MODIFICACIONES RESPECTO A LA EDICIÓN ANTERIOR

Edición.	Modificación.	fecha
V 2.1	Proyecto Específico	11/11/2025

Siglas de Responsables y Fechas de las Ediciones.					
Edición	Objeto e Ed.	Elaborado por:	Fecha Elb.	Revisó:	Fecha Rev.
V 2.1	Proyecto Específico	ING. ALVARO LAGUNA	11/11/2025		

Elaborado Por: ING. ALVARO LAGUNA	Revisado Por:
 FIRMA MP: AN205-5312	 FIRMA M.P.:

INDICE

1 Memoria

1.2 Memoria descriptiva

- 1.1.1 Preambulo
- 1.1.2 Peticionario y Objeto
- 1.1.3 Emplazamiento
- 1.1.4 Descripción de la instalación
 - 1.1.4.1. Circuito (s) Origen de MT
 - 1.1.4.2. Instalación de MT
 - 1.1.4.3. Instalación de BT
 - 1.1.4.4. Instalación CT
 - 1.1.4.5. Equipos de medida

1.2 Cálculos justificativos

- 1.2.1 Cálculos Eléctricos: Regulación y Capacidad
 - 1.2.1.1. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.
 - 1.2.1.2. Análisis del nivel tensión requerido.
 - 1.2.1.3. Cálculos de regulación MT y BT.
 - 1.2.1.4. Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga
 - 1.2.1.5. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.
 - 1.2.1.6. Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.).
 - 1.2.1.7. Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.
- 1.2.2 Cálculos Eléctricos: Cortocircuito, Protecciones y PT
 - 1.2.2.1. Análisis de cortocircuito y falla a tierra.
Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. En baja tensión se permite
 - 1.2.2.2. la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A.
Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los
 - 1.2.2.3. interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la norma IEC 60909, IEEE 242, capítulo 9 o equivalente
 - 1.2.2.4. Calculo de puesta a tierra y estudio de resistividad.
- 1.2.3 Cálculos Eléctricos: Aislamiento, y protección contra Rayos, Riesgo eléctrico.
 - 1.2.3.1. Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.
 - 1.2.3.2. Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.
 - 1.2.3.3. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.
Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que en espacios destinados a
 - 1.2.3.4. actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la Tabla 14.1 del RETIE.
 - 1.2.3.5. Clasificación de áreas.
- 1.2.4 Cálculos mecánicos
 - 1.2.4.1. Datos de la Red
 - 1.2.4.2. Cálculos mecánicos De Conductores
 - 1.2.4.3. Cálculos mecánicos De Postes Autosoportados.
 - 1.2.4.4. Cálculos mecánicos De Postes Con Retenida.
 - 1.2.4.5. Calculo mecánico de cimentaciones y estudio de suelos

INDICE

2. Planos

- 2.1. Plano planta, de situación y emplazamiento.
- 2.2. Planos De Detalle para validar distancias de seguridad.
- 2.3. Diagramas Unifilares.

3. Anexos

- 3.1. Copia de Cédula de Ciudadanía.
- 3.2. Copia de Tarjeta Profesional.
Para proyectos específicos de redes abiertas o subterráneas se debe presentar el
- 3.3. documento de aprobación del diseño del alumbrado público por parte del Municipio y /o Concesión.

1. Memoria

1.1 Memoria descriptiva

Se tienen en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.

1.1.1. Preámbulo

El presente proyecto se ajusta a lo solicitado por el RETIE y a lo especificado en los proyectos tipos de CARIBE MAR DE LA COSTA S.A.S E.S.P. Según aplique:

- ☐ Líneas aéreas de media tensión desnuda.
- ☐ Líneas aéreas de baja tensión.
- ☐ Centro de transformación tipo poste.
- ☐ Líneas aéreas de media tensión forradas.
- ☐ Líneas Subterráneas de Media y Baja Tensión.

1.1.2. Peticionario y Objeto

Cliente/Dueño del proyecto:

NOMBRE COMPLETO DEL CLIENTE/DUEÑO DEL PROYECTO:

MUNICIPIO DE COVEÑAS

CÉDULA/NIT DEL CLIENTE/DUEÑO DEL PROYECTO: **823.003.543-7**

CORREO ELECTRÓNICO DEL CLIENTE/DUEÑO DEL PROYECTO: _____

alcaldia@covenas-sucre.gov.co

CEL: _____

Promotor:

NOMBRE COMPLETO DEL PROMOTOR: **IN. ALVARO LAGUNA MERCADO.**

CÉDULA/NIT DEL PROMOTOR: **92.512.010**

DIRECCIÓN DEL PROMOTOR: **SINCELEJO - SUCRE**

CORREO ELECTRÓNICO DEL PROMOTOR: _____

TELÉFONO FIJO Y TELÉFONO CELULAR DEL DISEÑADOR: **313 5335514**

Diseñador:

NOMBRE COMPLETO DEL DISEÑADOR: **IN. ALVARO LAGUNA MERCADO.**

CÉDULA/NIT DEL DISEÑADOR: **92.512.010**

CORREO ELECTRÓNICO DEL DISEÑADOR: _____

TELÉFONO FIJO Y TELÉFONO CELULAR DEL DISEÑADOR: **313 5335514**

El objeto del presente documento es la obtención de las autorizaciones administrativas de la conexión del proyecto eléctrico a la red operada por CARIBE MAR DE LA COSTA S.A.S E.S.P.

1.1.3. Emplazamiento

En la siguiente tabla se incluye la localización geográfica del proyecto y su categorización según Proyectos Tipo.

Departamento:	SUCRE
Municipio:	COVEÑAS
Localidad:	COVEÑAS
Zona:	C
Área:	RURAL
Contaminación:	CONTAMINACION NORMAL

1.1.4. Descripción de la instalación

1.1.4.1. Circuito(s) Origen de MT: (Circuito aprobado en la factibilidad vigente del proyecto eléctrico).

1.1.4.2. Instalación de MT:

DESCRIPCION	CARACTERÍSTICA
Tensión nominal de diseño (kV)	13,2
Potencia máxima de transporte (MVA)	0,300
Conductor(es)	3x No. 1/0
N° Circuitos	POR DEFINIR
Origen	EPE - 01
Final	EPE - 01
Longitud Red Aérea (km)	0
Longitud Red Subterránea (km)	0,075

1.1.4.3. Instalación de BT:

DESCRIPCION	CARACTERÍSTICA
Tensión nominal de diseño (V)	452/261
Conductores	4x3xNo.350 + 4x350 + 1xNo. 350 THWN
Configuración de la línea de B.T	3 FASES + 1 NEUTRO + TIERRA
Número de clientes/Tipo	1
Longitud Red Aérea (km)	
Longitud Red Subterránea (km)	0,013

1.1.4.4. Instalación CT:

DESCRIPCION	UNIDADES	VALOR
Potencia	Kva	300
Sistema	3F	
Aislante	Aceite mineral	
Tensiones	Vp	13200
	Vs	452/261
Tipo de transformador	Tipo pedestal	
Grupo de conexión	P.e: Dyn5	
Temperatura de aceite	°C	65°
Temperatura de devanados	°C	65°
Bil	kV	95
Uz	%	6

1.1.4.5. Equipos de medida (Tener presente RES CREG 038 de 2014):

DESCRIPCION	UNIDADES	VALOR
Tipo de Medida		Indirecta
Tensión de servicio	V	220-127
Corriente de servicio	A	5
Clase de precisión		0,5
Transformadores de Medida		
Relación de transformación (TC's)	A	50/20/5S
Relación de transformación (TP's)	V	13200/v3/120/v3
Tipo		exterior
Clase de precisión	0,5S	

1.2 Cálculos justificativos**1.2.1. Cálculos Eléctricos: Regulación y Capacidad.**

- 1.2.1.1. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.

Aplica: ☒ X

No aplica: ☐

Justificación:	No aplica el analisis de armonicos ya que la instalación no se ubican cargas de alta incidencia de armónicos y el factor de potencia esta predefinido.
-----------------------	--

- 1.2.1.2. Análisis del nivel tensión requerido.

Aplica: ☒ x

No aplica: ☐

Justificación:	Se realizó analisis de nivel de tensión (ver hoja anexa).
-----------------------	---

- 1.2.1.3. Cálculos de regulación MT y BT.

Aplica: ☒ x

No aplica: ☐

Justificación:	Se realizó análisis de regulación para la alimentación principal y sus derivadas. (ver hoja anexa).
-----------------------	---

- 1.2.1.4. Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga

Aplica: ☒ x

No aplica: ☐

Justificación:	Se realizó calculo de transformador (ver hoja anexa).
-----------------------	---

- 1.2.1.5. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.

Aplica: ☒ x

No aplica: ☐

Justificación:	Se realizó análisis para la alimentación principal y sus derivadas (ver hoja anexa).
-----------------------	--

- 1.2.1.6. Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.).

Aplica: ☒ x

No aplica: ☐

Justificación:	Se realizó análisis para la alimentación principal y sus derivadas (ver hoja anexa).
-----------------------	--

1.2 Cálculos justificativos

- 1.2.1.7. Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.

Aplica: ☒ x

No aplica: ☐

Justificación:	Según el tipo de instalación son cargas resistivas
-----------------------	--

1.2.2. Cálculos Eléctricos: Cortocircuito, Protecciones y PT.

- 1.2.2.1. Análisis de cortocircuito y falla a tierra.

Aplica: ☒ x

No aplica: ☐

Justificación:	Se realizó análisis en MT y BT (ver hoja anexa).
-----------------------	--

- 1.2.2.2. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A.

Aplica: ☒ x

No aplica: ☐

Justificación:	Se realizó análisis en MT y BT (ver hoja anexa).
-----------------------	--

- 1.2.2.3. Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la norma IEC 60909, IEEE 242, capítulo 9 o equivalente

Aplica: ☒ x

No aplica: ☐

Justificación:	Se realizó análisis en MT y BT (ver hoja anexa).
-----------------------	--

- 1.2.2.4. Cálculo de puesta a tierra y estudio de resistividad.

Aplica: ☒ x

No aplica: ☐

Justificación:	Se realizó cuadro de parámetros y resultados según la norma IEEE80 en el caso de puestas a tierra en mallas y para el caso de varillas análisis especial para validar los requisitos del RETIE.
-----------------------	---

1.2 Cálculos justificativos**1.2.3. Cálculos Eléctricos: Aislamiento, y protección contra Rayos, Riesgo eléctrico.**

1.2.3.1. Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.

Aplica: ☒ x**No aplica:** ☐

Justificación:	Se realizó análisis en MT (ver hoja anexa).
-----------------------	---

1.2.3.2. Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.

Aplica: ☒ x**No aplica:** ☐

Justificación:	Se realizó análisis (ver hoja anexa).
-----------------------	---------------------------------------

1.2.3.3. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.

Aplica: ☒ x**No aplica:** ☐

Justificación:	Se realizó análisis (ver hoja anexa).
-----------------------	---------------------------------------

1.2.3.4. Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la Tabla 14.1 del RETIE.

Aplica: ☐**No aplica:** ☒ x

Justificación:	No hay líneas o subestaciones de tensión superior a 57,5 kV, en zonas donde se tengan en las cercanías edificaciones ya construidas, por lo tanto no se necesita un análisis del campo electromagnético en los lugares donde se vaya a tener la presencia de personas.
-----------------------	--

1.2.3.5. Clasificación de áreas.

Aplica: ☐**No aplica:** ☒ x

Justificación:	Se realizó análisis (ver hoja anexa).
-----------------------	---------------------------------------

1.2.3.6. Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.

Aplica: ☒ X**No aplica:** ☐

Justificación:	Se anexa recomendaciones en planos anexos.
-----------------------	--

1.2 Cálculos justificativos

- Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.
- 1.2.3.7.

Aplica: ☐

No aplica: ☒ x

Justificación:	No aplica no es necesario.
-----------------------	----------------------------

- Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.
- 1.2.3.8.

Aplica: ☐

No aplica: ☒ x

Justificación:	No aplica no es necesario.
-----------------------	----------------------------

- 1.2.3.9. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos.

Aplica: ☐

No aplica: ☒ X

Justificación:	No aplica no es necesario.
-----------------------	----------------------------

- 1.2.3.10. Distancias de seguridad requeridas

Aplica: ☒ X

No aplica: ☐

Justificación:	Se establecen las distancias en hojas anexas
-----------------------	--

1.2.1.1. ANALISIS DE CARGA

Las cargas a usar en este proyecto son:

- Motores electricos
- Cargas de iluminación de baja potencia.
- Tomas de uso general para alimentar equipos de variado uso y de baja potencia.

En este caso las cargas que podrían aportar armónicos en una cantidad importante a la red serían las de iluminación. Las luminarias fluorescentes y balastos electrónicos y con Leds que conforman la iluminación o las debemos considerar como aportante de armónicos.

Si hacemos un análisis de armónicos siguiendo la norma de la IEEE592-92 tenemos que de acuerdo al diagrama de flujo siguiente podemos lograr una aproximación adecuada, en el cuadro siguiente se muestran los limites armónicos según la IEEE592

IEEE519
Limites de la distorsión armónica en corriente en la acometida

I_{cc}/I_L	TDD	$h \leq 11$	$11 \leq h \leq 17$	$17 \leq h \leq 23$	$23 \leq h \leq 35$	$h \geq 35$
$V_n \leq 69 \text{ kV}$						
<20	5.0%	4.0%	2.0%	1.5%	0.6%	0.3%
20-50	8.0%	7.0%	3.5%	2.5%	1.0%	0.5%
50-100	12.0%	10.0%	4.5%	4.0%	1.5%	0.7%
100-1000	15.0%	12.0%	5.5%	5.0%	2.0%	1.0%
>1000	20.0%	15.0%	7.0%	6.0%	2.5%	1.4%

CONCLUSIONES.

Aunque teóricamente no se alcanza a cumplir con la norma, el aporte armónico lo produce una corriente de carga de iluminación fluorescente y por leds y por las cargas de tipo electrónico.

Para tratar el problema de armónicos se toman valores de peso armónico en cada una de las cargas y se valoran en los cuadros de carga (incluido en los planos), lo que conlleva a tener en cuenta las mayores corrientes que se puedan presentar en las redes y por lo tanto se calculan calibres de conductores de acuerdo a estos valores. Es de anotar que este método de cálculo no soluciona el problema de armónicos, aunque sí previene su impacto con el dimensionamiento adecuado de los conductores.

1.2.1.1. CUADROS DE CARGA

CUADRO DE CARGAS SEGÚN TIPO DE CARGA INSTALADA				
TIPO DE CARGA	CANT.	CARGA W	FACTOR POTENCIA	TOTAL CARGA VA
CCM MOTORES 460V	1	228.750,00	0,86	265.988
SERVICIOS GENERALES 220V	1	29.000,00	0,90	32.222
TOTAL VA				298.211

1.2.1.2. ANALISIS DEL NIVEL DE TENSIÓN REQUERIDO

Acorde con la normativa de construcción de redes de baja tensión y acometidas de la empresa comercializadora de energía, se establece que para cargas alimentadas, el nivel de tensión en baja tensión (BT) requerida se pueden conectar los equipos directamente a la red.

Para determinar el nivel de tensión de conexión de una carga, se utilizaron caracterizaciones de demanda típicas y se efectuaron flujos de carga sucesivos para los niveles de tensión en media tensión (BT) y según las configuraciones típicas de la red, estableciendo la máxima potencia que puede ser atendida por los circuitos de media tensión del operador de red.

Es de anotar que en estos análisis se verifica que las variables eléctricas estén dentro de los límites de capacidad máxima de corriente y regulación de tensión. Para cargas con potencia demandada mayor a la carga máxima a conectar en nivel de tensión de alta tensión (AT) y extra alta tensión (EAT). Al aplicar la metodología descrita se obtienen resultados para varios escenarios de análisis eléctricos considerando longitudes del alimentador, carga demandada, corriente, pérdidas y regulación de tensión.

Se tienen en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.

El cálculo de pérdidas de energía se justifica en el cálculo de conductores económicos bajo la norma IEC IEC 60287-3-2:1995 (Ver ítem 1.2.1.5).

	Baja Tensión (BT):	X	Los de tensión nominal mayor o igual a 25 V y menor o igual a 1000 V.
	Media tensión (MT):	X	Los de tensión nominal superior a 1000 V e inferior a 57,5 kV.
	Alta tensión (AT):		Tensiones mayores o iguales a 57,5 kV y menores o iguales a 230 kV.
	Extra alta tensión (EAT):		Corresponde a tensiones superiores a 230 kV.
JUSTIFICACION:		SE REQUEIRE NIVEL DE TENSIÓN (BT), y (MT), YA QUE EL PROYECTO NECESITA TENSION A 460/254V PARA LOS EQUIPOS Y NIVEL II PORQUE NECESITA LA INSTALACION DE UN TRANSFORMADOR A 13,2KV	

1.2.1.3. CALCULO DE REGULACION EN MEDIA Y BAJA TENSION**1.2.1.3.1 CALCULO REGULACION EN MEDIA TENSION**

	L(km)	# de hilos	Calibre	P (KVA)	M (PxL)	$\Delta U\%$
EPE 01 - EPP 02	0	3	1/0	300	0	0,00000
EPP 02 - CT1	0,075	3	1/0	750	56,25	0,03022

RESUMEN REGULACIÓN Y PERDIDAS POR ALIMENTADOR

MAXIMA CAIDA DE TENSIÓN CALCULADA (%)	0,030223
MAXIMA PERDIDA DE POTENCIA CALCULADA (%)	0,028572

1.2.1.3.2 CALCULO DE REGULACION EN BAJA TENSION**Temp. C**

ACOMETIDA Y/O ALIMENTADOR	Ident.	No. de Fases	Voltaje (V)	Potencia (kW)	F.P CosØ	Fact. de Div.	Long. cto mts	Calib. Fase AWG	No. Cond. Fase	C/te Nom. C. (A)	C/te Factor seguridad	Corrte. Cond. (A)
TABLERO GENERAL	TG	3	460	270,00	0,9	1	13,00	350 awg	4	376,54	470,68	1128,4
PLANTA ELECTRICA PROYECTADA	PE	3	460	400,00	0,8	1	16,80	350 awg	4	627,57	784,47	1128,4
CENTRO DE CONTROL DE MOTORES	CCM	3	460	228,75	0,9	1	10,00	350 awg	3	319,02	398,77	846,3
TABLERO SERVICIOS GENERALES 220V	T-SG	3	220	29,00	0,9	1	10,00	1/0 awg	1	84,56	105,70	136,5

ΔU Total	ΔP %	ΔP Total
0,00000	0	0
0,03022	0,028572154	0,028572154

Conductor		75°C	Correc. temp.				36-40
Tipo conductor	Tipo Conduit	% Reg. Pacial	% Reg. Total	Prot. Cal. (A)	Canal	Calib. Neutro AWG	Calib. Tierra AWG
CU	PVC	0,08	0,08	3x1200	4x3"	4x350 awg	2/0
Cu	PVC	0,20	0,20	3x1200	200x100	4x350 awg	2/0
CU	PVC	0,07	0,16	3x800	200x100	3x350 awg	2/1
Cu	PVC	0,30	0,39	3x125	200x100	1x1/0 awg	4

1.2.1.3. CALCULO DE REGULACION EN BAJA TENSION

1.2.1.3.3 CALCULO DE REGULACION EN BAJA TENSION 460V											Temp. Conductor		75°C	Correc. temp.				36-40		
Tramo	Ident.	No. de Fases	Voltaje (V)	Potencia (kW)	F.P CosØ	Fact. de Div.	Long. cto mts	Calib. Fase AWG	No. Cond. Fase	C/te Nom. C. (A)	C/te Factor seguridad	Corre. Cond. (A)	Tipo conductor	Tipo Conduit	% Reg. Pacial	% Reg. Total	Prot. Cal. (A)	Canal Tubo pulg.	Calib. Neutro AWG	Calib. Tierra AWG
Bomba PTAP 1-1 (TANQUE ELEVADO TOLU)	BPTAP1-1	3	460	45,90	0,86	1	96,00	2 awg	1	66,99	83,74	104,7	Cu	PVC	1,69	1,85	3x100	1x1½"		2 awg
Bomba PTAP 1-2 (TANQUE ELEVADO TOLU)	BPTAP1-2	3	460	45,90	0,86	1	93,00	2 awg	1	66,99	83,74	104,7	Cu	PVC	1,64	1,80	3x100	1x1½"		2 awg
Bomba PTAP 2-1 (TANQUE ELEVADO COVENAS)	BPTAP2-1	3	460	38,25	0,86	1	90,00	4 awg	1	55,82	69,78	77,35	Cu	PVC	2,08	2,24	3x80	1x1½"		4 awg
Bomba PTAP 2-2 (TANQUE ELEVADO COVENAS)	BPTAP2-2	3	460	38,25	0,86	1	87,00	4 awg	1	55,82	69,78	77,35	Cu	PVC	2,01	2,17	3x80	1x1½"		4 awg
Bomba PTAP 2-3 (TANQUE ELEVADO COVENAS)	BPTAP2-3	3	460	38,25	0,86	1	85,00	4 awg	1	55,82	69,78	77,35	Cu	PVC	1,97	2,12	3x80	1x1½"		4 awg
Bomba de Lodos 3-1 PTAPM COVENAS	BPTAP3-1	3	460	2,30	0,86	1	82,00	4 awg	1	3,36	4,20	77,35	Cu	PVC	0,11	0,27	3x80	1x1½"		4 awg
Bomba de Lodos 3-2 PTAPM COVENAS	BPTAP3-2	3	460	2,30	0,86	1	63,00	4 awg	1	3,36	4,20	77,35	Cu	PVC	0,09	0,24	3x80	1x1½"		4 awg
Bomba de Lodos 4-1 PTAPM COVENAS	BPTAP4-1	3	460	2,30	0,86	1	60,00	4 awg	1	3,36	4,20	77,35	Cu	PVC	0,08	0,24	3x80	1x1½"		4 awg
Bomba de Lodos 4-2 PTAPM COVENAS	BPTAP4-2	3	460	2,30	0,86	1	57,00	6 awg	1	3,36	4,20	59,15	Cu	PVC	0,12	0,28	3x60	1x1¼"		6 awg
Bomba Homogenizadores 5-1 PTAPM TOLU	BPTAP5-1	3	460	3,06	0,86	1	54,00	6 awg	1	4,47	5,58	59,15	Cu	PVC	0,15	0,31	3x60	1x1¼"		6 awg
Bomba Homogenizadores 5-2 PTAPM TOLU	BPTAP5-2	3	460	3,06	0,86	1	50,00	6 awg	1	4,47	5,58	59,15	Cu	PVC	0,14	0,30	3x60	1x1¼"		6 awg
Bomba Homogenizadores 6-1 PTAPM COVENAS	BPTAP5-1	3	460	3,06	0,86	1	65,00	6 awg	1	4,47	5,58	59,15	Cu	PVC	0,19	0,34	3x60	1x1½"		6 awg
Bomba Homogenizadores 6-2 PTAPM COVENAS	BPTAP5-2	3	460	3,06	0,86	1	63,00	6 awg	1	4,47	5,58	59,15	Cu	PVC	0,18	0,34	3x60	1x1½"		6 awg
Bomba de Cloracion FLYGT 1 TOLU	BFLYGT1	3	460	0,38	0,86	1	105,00	12 awg	1	0,55	0,69	22,75	Cu	PVC	0,15	0,30	3x20	1x3/4"		12 awg
Bomba de Cloracion FLYGT 2 COVENAS	BFLYGT2	3	460	0,38	0,86	1	103,00	14 awg	1	0,55	0,69	18,2	Cu	PVC	0,22	0,38	3x15	1x1/2"		14 awg

1.2.1.3.3 CALCULO DE REGULACION EN BAJA TENSION 220V											Temp. C	
Tramo	Ident.	No. de Fases	Voltaje (V)	Potencia (kW)	F.P CosØ	Fact. de Div.	Long. cto mts	Calib. Fase AWG	No. Cond. Fase	C/te Nom. C. (A)	C/te Factor seguridad	Corre. Cond. (A)
Tablero Garita	TG1	3	220	3,00	0,86	1	51,00	8 awg	1	9,15	11,44	45,5
Tablero recepcion.	TR1	3	220	3,00	0,86	1	65,00	8 awg	1	9,15	11,44	45,5
Tablero bodegas	TB1	3	220	8,00	0,86	1	90,00	6 awg	1	24,41	30,52	59,15
Tablero iluminacion.	TIL1	3	220	6,00	0,86	1	10,00	8 awg	1	18,31	22,89	45,5
Tablero Cuarto Tecnio	TCT1	3	220	3,00	0,86	1	10,00	8 awg	1	9,15	11,44	45,5
Tablero alcoholoba y cocina	TAC	3	220	6,00	0,86	1	35,00	8 awg	1	18,31	22,89	45,5

Conductor	75°C		Correc. temp.			36-40	
Tipo conductor	Tipo Conduit	% Reg. Pacial	% Reg. Total	Prot. Cal. (A)	Canal Tubo pulg.	Calib. Neutro AWG	Calib. Tierra AWG
Cu	PVC	0,97	0,97	3x40	1x1"		8 awg
Cu	PVC	1,24	1,24	3x40	1x1"		8 awg
Cu	PVC	2,93	2,93	3x60	1x1¼"		6 awg
Cu	PVC	0,38	0,38	3x40	1x1"		8 awg
Cu	PVC	0,19	0,19	3x40	1x1"		8 awg
Cu	PVC	1,34	1,34	3x40	1x1"		8 awg

1.2.1.4. CALCULO DE TRANSFORMADOR INCLUYENDO LOS EFECTOS DE LOS ARMONICOS Y FACTOR DE POTENCIA EN LA CARGA

1.2.1.4.3. EFECTOS DE ARMÓNICOS Y FACTOR DE POTENCIA.

~~Se tienen en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia~~

Para nuestro caso tenemos que las cargas son de iluminación de pequeña potencia, motores de arranque directo y tomas de pequeña potencia para alimentar equipos varios.

Estas cargas aportan armónicos en pequeña cantidad a la red y hay que tenerlos en cuenta para el cálculo de la carga total. En la Norma IEEE519-92, se establecen los límites de armónicos que se pueden aportar a un sistema de potencia.

Con esta información y teniendo en cuenta la carga instalada, la corriente de corto circuito de la red y la corriente máxima de la carga, se procede a calcular el porcentaje de aportes de armónicos a la red teniendo en cuenta la tabla 10.3 de la IEEE519-92.

Nivel de tensión: 13200/452/261 V

Icc: 1149kV

Carga Instalada: 300 kVA 3F

Fp: 0.9

In de la carga: 393,65 (línea)

Icc/In (Isc/IL) = 1,45

THD: Distorsión Total de Voltaje: 5,0 %, según tabla 1. IEEE519-92

TDD: Distorsión Total demandada: (20<50) 8,0 %, según tabla 1. IEEE519-92

Table 1. IEEE Std 519-1992 Harmonic Voltage Limits

Voltage Distortion Limits		
Bus Voltage at PCC	Individual Voltage Distortion (%)	Total Voltage Distortion THD (%)
Below 69 kV	3.0	5.0
69 kV to 161 kV	1.5	2.5
161 kV and above	1.0	1.5
NOTE: High-voltage systems can have up to 2.0% THD where the cause is an HVDC terminal that will attenuate by the time it is tapped for a user.		

Con los datos anteriores, y con la tabla 2, calculamos el porcentaje de aportes de armónicos a la red, el cual sería menor al 10%. Para nuestro caso tomaremos un porcentaje de distorsión por Armónicos de un 8%, el cual aplicaremos en los cálculos de cargas existentes y futuras.

1.2.1.4. CALCULO DE TRANSFORMADOR INCLUYENDO LOS EFECTOS DE LOS ARMONICOS Y FACTOR DE POTENCIA EN LA CARGA

Table 2. IEEE Std 519-1992 Harmonic Current Limits

**Current Distortion Limits for General Distribution Systems
(120 V Through 69000 V)**

Maximum Harmonic Current Distortion in Percent of I_L						
Individual Harmonic Order (Odd Harmonics)						
I_{sc}/I_L	<11	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
$<20^*$	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
$20 < 50$	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
$50 < 100$	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
$100 < 1000$	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0
Even harmonics are limited to 25% of the odd harmonic limits above.						
Current distortions that result in a dc offset, e.g. half-wave converters, are not allowed.						
* All power generation equipment is limited to these values of current distortion, regardless of actual I_{sc}/I_L .						
Where						
I_{sc}	= maximum short-circuit current at PCC.					
I_L	= maximum demand load current (fundamental frequency component) at PCC.					
TDD	= Total demand distortion (RSS), harmonic current distortion in % of maximum demand load current (15 or 30 min demand).					
PCC	= Point of common coupling.					

Los armónicos, aumentan la corriente del sistema por lo cual hay que dimensionar los conductores teniendo en cuenta este factor al igual que el transformador.

Es importante resaltar que aunque se calcule el aporte de los armónicos a la red, esto no solucionan el problema de los mismos, pero si nos ayuda a determinar el dimensionamiento de los conductores y evitar posibles fallas.

1.2.1.4. CALCULO TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION

El cálculo de pérdidas de energía se justifica en el cálculo de conductores económicos bajo la norma IEC IEC 60287-3-									
LOCACIÓN	CANT	CARGA DE EQUIPOS Y TABLEROS	TOTAL CARGA DE ALUMBRADO Y PEQUEÑAS CARGAS (KVA)	FACTOR DE UTILIZACIÓN CARGAS ALUMBRADO Y PEQUEÑAS CARGAS	TOTAL CARGA NETA CALCULADA (KVA)	CARGAS ESPECIALES (KVA)	CARGAS ESPECIALES CON FACTOR	TOTAL CARGAS ESPECIALES (KVA)	TOTAL CARGA EDIFICIO (KVA)
CCM MOTORES 460V	1	265,99			-	265,99	0,80	212,79	
SERVICIOS GENERALES 220V	1	32,22	32,22	0,70	22,56			-	
TRANSFORMADOR DE OFICINA - TALLER	1	-	-	0,75	-			-	
TABLERO DE RECEPCION Y ESTERILIZACION	1	-			-	-	0,80	-	
TABLERO DE DESFRUTACION Y EXTRACCION	1	-			-	-	0,80	-	
TABLERO DE CLARIFICACION	1	-			-	-	0,80	-	
TOTAL CARGA		298,21			22,56			212,79	235,35
NOTA: SE ESCOGE UN TRANSFORMADOR DE 300 KVA TRIFASICO CON RELACION DE VOLTAJE DE 13.200/460-254 V									

1.2.1.2. DIMENSIONAMIENTO ECONOMICO Y AMBIENTAL DE CONDU**FECHA:** 11 DE NOVIEMBRE DE 2025**Proyecto:** SISTEMA REGIONAL DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LOS ACUEDUCTOS DE LOS MUNICIPIO DEPARTAMENTO DE SUCRE (PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE).

Descripción: Se realiza cálculo de dimensionamiento económico y ambiental de la acometida principal, porque es conductor maestro.
 Se tienen en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.
 El cálculo de pérdidas de energía se justifica en el cálculo de conductores económicos bajo la norma IEC IEC 60287-3-2:1995 (0

Normas de Referencia: El presente cálculo se realizó con base a los procedimientos indicados en la Norma IEC 60287-3-2:1995

[1] Guía Técnica Colombiana GTC 221 - 2011-11-30

[2] IEC 60287-3-2:1995

[3] Software técnico Procobre - DEAC2011.

Precio Estimado de la Energía Activa: 342 Col\$/kWh**Precio Aprox de la Energía Activa:** 20 Años.**Aumento Anual de costos de energía, sin incluir efectos de la inflación:** 3%.**Precio de la variación de la demanda:** 0 Col\$ / WAño**Tasa de capitalización:** 6%.**Vida económica de la instalación:** 20 Años.**Emisiones de CO2 al momento de la generación por unidad de energía eléctrica (kg-CO2/kWh):** 0,149**Emisiones de CO2 al momento de la producción del cobre por Kilo de cobre kg-CO2/kg-Cu):** 4,09**Horas Diarias promedio de Utilización de la Carga:** 12 Horas, 22 Dias al mes, durante 12 meses.**Nota:** El constructor de la instalación debe atender este requerimiento de diseño y no podrá disminuir las especificaciones del cable por el criterio técnico.

El procedimiento generalmente, (selección técnica) utilizado para la escoger la sección del conductor de un cable permite determinar al mínimo el costo de la inversión inicial en el cable. En dicho procedimiento no se tiene en cuenta el costo de las pérdidas que se producen, lo que busca la selección económica del conductor el cual se presenta a continuación.

1.2.1.2. DIMENSIONAMIENTO ECONOMICO Y AMBIENTAL DE CONDU						
Sección Técnica						\$
Circuito	Descripcion	Sección Nominal AWG	CT(tec)	CI(tec)	CJ(tec)	Sección Nominal AWG
TABLERO GENERAL	350 awg	177	\$ 4.634.357	\$ 1.162.200	\$ 3.472.157	THWN350
PLANTA ELECTRICA PROYECTADA	350 awg	177	\$ 13.626.355	\$ 1.162.200	\$ 12.464.155	THWN350
CENTRO DE CONTROL DE MOTORES	350 awg	177	\$ 3.079.326	\$ 1.162.200	\$ 1.917.126	THWN4/0
TABLERO DE SERVICIOS GENERALES 220V	1/0 awg	54	\$ 962.627	\$ 516.100	\$ 446.527	THWN250
Total			\$ 26.573.166	\$ 8.273.200	\$ 18.299.966	

1.2.1.2. DIMENSIONAMIENTO ECONOMICO Y AMBIENTAL DE CONDU						
Sección Técnica						
Circuito	Sistema	Tensión	KVA	N° de Conductores por Fase	I _{max} (Por conductor)	Ahorro de Inversión (\$)
TABLERO GENERAL	3Ø(3Ø-3H y 3Ø-4H)	460	300,00	4	376,54	\$ 1.072.800
PLANTA ELECTRICA PROYECTADA	3Ø(3Ø-3H y 3Ø-4H)	460	444,44	4	627,57	\$ 1.072.800
CENTRO DE CONTROL DE MOTORES	3Ø(3Ø-3H y 3Ø-4H)	460	254,17	3	140,49	\$ (181.263)
TABLERO SERVICIOS GENERALES 220V	3Ø(3Ø-3H y 3Ø-4H)	220	32,22	1	140,49	\$ 125.000
Total						\$ 2.089.337

Los cálculos dependen de muchas Variables entre las cuales esta (A) "Precio del conductor por unidad de longitud por mm²", Por este motivo firma de ingeniería.

CTORES.

OS DE COVEÑAS Y SANTIAGO DE TOLÚ EN EL

ás representativo en toda la carga.

Ver ítem 1.2.1.5).

5.

onductor, el conductor mínimo a utilizar es el calculado

ninar la sección mínima admisible, con lo cual se reduce
se producen durante la vida de servicio del cable que es

CTORES.		
Sección Económica y Ambiental.		
CT(eco)	CI(eco)	CJ(eco)
\$ 3.561.557	\$ 89.400	\$ 3.472.157
\$ 12.553.555	\$ 89.400	\$ 12.464.155
\$ 3.260.589	\$ 89.400	\$ 3.171.189
\$ 258.894	\$ 70.300	\$ 188.594
\$ 19.634.595	\$ 338.500	\$ 19.296.095

CTORES.		
HUELLA DE CARBONO		
Tiempo de retorno de la inversión (Años)	Ahorro de Energía (kWh) - Valor Aproximado	Z1-Z2 Ganancia Ambiental (reducción de CO2) (kg-CO2)
0,0	\$ 3.137	0,0
0,0	\$ 3.137	0,0
0,7	\$ (530)	0,0
13,6	\$ 526	0,0
14	\$ 6.270	\$ 0

o un cálculo puede diferir de otro calculo realizado por otra

1.2.1.6. CALCULO DE CANALIZACIONES - TUBERIAS**1.2.1.6.1. Acometida 6x3xNo. 350 FASES + 2x No. 350 NEUTRO + 1xNo. 1/0 TIERRA Cu THWN**

Ocupacion de ductos							
Cable Monopolar							
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2	
1	350	THW 600 V	3	22,12	384,29	1152,87	
2	350	THW 600 V	1	22,12	384,29	384,29	
3	1/0	THW 600 V	0				
4	12	THW 600 V	0				
5	10	THW 600 V	0				
						Area Total	1537,16 mm2
Tipo de Ducto: Tubo de PVC Rigido, Sch. 40 y tubo de PE-AD							
Diametro: 3 Pulgadas							
Diámetro mínimo recomendado 3 "						Diametro** 77,3 mm	
						Area Total	4692,98 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación		32,75%

1.2.1.6. CALCULO DE CANALIZACIONES - TUBERIAS**1.2.1.6.2. Alimentadores 3xNo. 4/0 FASES + 1xNo. 2 TIERRA COBRE THWN**

Ocupacion de ductos							
Cable Monopolar							
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2	
1	4/0	THW 600 V	3	17,46	239,43	718,29	
2	2	THW 600 V	1	10,46	85,93	85,93	
3	10	THW 600 V	0				
4	10	THW 600 V	0				
5	10	THW 600 V	0				
						Area Total	804,22 mm2
Tipo de Ducto: Tubo de PVC Rigido, Sch. 40 y tubo de PE-AD							
Diametro: 2 Pulgadas							
Diámetro mínimo recomendado 2 "						Diametro** 52 mm	
						Area Total	2123,72 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación		37,87%

1.2.1.6. CALCULO DE CANALIZACIONES - TUBERIAS**1.2.1.6.3. Alimentadores 3xNo. 1/0 FASES + 1xNo. 8 TIERRA COBRE THWN**

Ocupacion de ductos							
Cable Monopolar							
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2	
1	1/0	THW 600 V	3	13,51	143,35	430,05	
2	8	THW 600 V	1	5,99	28,18	28,18	
3	8	THW 600 V	0				
4	10	THW 600 V	0				
5	10	THW 600 V	0				
						Area Total	458,23 mm2
Tipo de Ducto: Tuberia Metalica Electrica							
Diametro: 1 1/2 Pulgadas							
Diámetro mínimo recomendado 3 "						Diametro**	40,9 mm
						Area Total	1313,82 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación		34,88%

1.2.1.6. CALCULO DE CANALIZACIONES - TUBERIAS**1.2.1.6.4. Alimentadores 3xNo. 2 FASES + 1xNo. 8 TIERRA COBRE THWN**

Ocupacion de ductos							
Cable Monopolar							
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2	
1	2	THW 600 V	4	10,46	85,93	343,73	
2	8	THW 600 V	1	5,99	28,18	28,18	
3	10	THW 600 V	0				
4	10	THW 600 V	0				
5	10	THW 600 V	0				
						Area Total	371,91 mm2
Tipo de Ducto: Tubo de PVC Rigido, Sch. 40 y tubo de PE-AD							
Diametro: 1 1/4 Pulgadas							
Diámetro mínimo recomendado 1 1/4 "						Diametro** 34,5 mm	
						Area Total	934,82 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación		39,78%

1.2.1.6. CALCULO DE CANALIZACIONES - TUBERIAS**1.2.1.6.5. Alimentadores 3xNo. 2/0 FASES + 1xNo. 2/0 NEUTRO + 1xNo. 8 TIERRA COBRE THWN**

Ocupacion de ductos							
Cable Monopolar							
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2	
1	2/0	THW 600 V	4	14,66	168,79	675,18	
2	8	THW 600 V	1	5,99	28,18	28,18	
3	10	THW 600 V	0				
4	10	THW 600 V	0				
5	10	THW 600 V	0				
						Area Total	703,36 mm2
Tipo de Ducto: Tubo de PVC Rígido, Sch. 40 y tubo de PE-AD							
Diametro: 2 Pulgadas							
Diámetro mínimo recomendado 2 "						Diametro** Area Total	52 mm 2123,72 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación		33,12%

1.2.1.6. CALCULO DE CANALIZACIONES - TUBERIAS**1.2.1.6.6. Alimentadores 3xNo. 250 FASES + 1x No. 2/0 NEUTRO + 1xNo. 6 TIERRA COBRE THWN**

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	250	THW 600 V	3	19,42	296,20	888,61
2	2/0	THW 600 V	1	14,66	168,79	168,79
3	6	THW 600 V	1	7,71	46,69	46,69
4	10	THW 600 V	0			
5	10	THW 600 V	0			
					Area Total	1104,09 mm2
Tipo de Ducto: Tubo de PVC Rigido, Sch. 40 y tubo de PE-AD						
Diametro: 3 Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado 3 "					Diametro** 77,3 mm	
					Area Total	4692,98 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación	23,53%

1.2.1.6. CALCULO DE CANALIZACIONES - TUBERIAS**1.2.1.6.7. Alimentadores 3xNo. 500 FASES + 1x No. 4/0 NEUTRO + 1xNo. 4 TIERRA COBRE THWN**

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	500	THW 600 V	3	25,52	511,51	1534,52
2	4/0	THW 600 V	1	17,46	239,43	239,43
3	4	THW 600 V	1	8,93	62,63	62,63
4	10	THW 600 V	0			
5	10	THW 600 V	0			
					Area Total	1836,58 mm2
Tipo de Ducto: Tubo de PVC Rigido, Sch. 40 y tubo de PE-AD						
Diametro: 3 Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado 3 "					Diametro**	77,3 mm
					Area Total	4692,98 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación	39,13%

1.2.1.6. CALCULO DE CANALIZACIONES - TUBERIAS**1.2.1.6.8. Alimentadores Cable encauchetado 4x14AWG**

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	4X14AWG	Cable encauchetado	1	9,45	70,14	70,14
2			0			
3			0			
4			0			
5			0			
					Area Total	70,14 mm2
Tipo de Ducto: Tubo Metalico Intermedio IMC						
Diametro: 1/2 Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado 1/2 "					Diametro**	16,8 mm
					Area Total	221,67 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación	31,64%

1.2.1.6. CALCULO DE CANALIZACIONES - TUBERIAS**1.2.1.6.8. Alimentadores Cable encauchetado 4x12AWG**

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	4x12AWG	Cable encauchetado	1	10,60	88,25	88,25
2			0			
3			0			
4			0			
5			0			
					Area Total	88,25 mm2
Tipo de Ducto: Tubo Metalico Intermedio IMC						
Diametro: 1/2 Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado 1/2 "					Diametro**	16,8 mm
					Area Total	221,67 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación	39,81%

1.2.1.6. CALCULO DE CANALIZACIONES - TUBERIAS**1.2.1.6.8. Alimentadores Cable encauchetado 4x10AWG**

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	4x10AWG	Cable encauchetado	1	12,88	130,29	130,29
2			0			
3			0			
4			0			
5			0			
					Area Total	130,29 mm2
Tipo de Ducto: Tubo Metalico Intermedio IMC						
Diametro: 3/4 Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado 3/4 "					Diametro**	21,9 mm
					Area Total	376,68 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación	34,59%

1.2.1.6. CALCULO DE CANALIZACIONES - TUBERIAS**1.2.1.6.8. Alimentadores Cable encauchetado 4x8AWG**

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	4x8AWG	Cable encauchetado	1	18,35	264,46	264,46
2			0			
3			0			
4			0			
5			0			
					Area Total	264,46 mm2
Tipo de Ducto: Tubo Metalico Intermedio IMC						
Diametro: 1 1/4 Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado					Diametro**	36,8 mm
1 1/4 "					Area Total	1063,62 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación	24,86%

1.2.1.6.8. Alimentadores Cable encauchetado 4x6AWG

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	4x6AWG	Cable encauchetado	1	21,39	359,34	359,34
2			0			
3			0			
4			0			
5			0			
					Area Total	359,34 mm2
Tipo de Ducto: Tubo Metalico Intermedio IMC						
Diametro: 1 1/4 Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado					Diametro**	36,8 mm
1 1/4 "					Area Total	1063,62 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación	33,79%

1.2.1.6. CALCULO DE CANALIZACIONES - TUBERIAS**1.2.1.6.8. Alimentadores Cable encauchetado 4x4AWG**

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	4x4AWG	Cable encauchetado	1	24,60	475,29	475,29
2			0			
3			0			
4			0			
5			0			
					Area Total	475,29 mm2
Tipo de Ducto: Tubo Metalico Intermedio IMC						
Diametro: 1 1/2 Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado 1 1/2 "					Diametro**	42,7 mm
					Area Total	1432,01 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación	33,19%

1.2.2.1. ANÁLISIS DE CORTOCIRCUITO Y FALLA A TIERRA**1,1 PARÁMETROS DEL TRANSFORMADOR**

Potencia	300,0 kVA	
Tensión	452 V.	
In	383,21 A.	
Impedancia	6 %	Valor sacado de tablas
Pcu	405 W	Valor sacado de tablas
Po	135 W	Valor sacado de tablas
Icc en bornes In/Uz	6386,81 A.	I falla Simetrica
I falla A (Ifs x 1,73)	11049,17 A.	I falla Asimetrica
$R_t = (P_{cu} W) / (3 \times I_n \times I_n) =$	0,000919 Ohms	
$Z_t = (Z\% \times V \times V) / (100 \times P)$	0,040861 Ohms	
$X_t = \sqrt{(Z_t^2 - R_t^2)}$	0,040850 Ohms	

1,2 PARÁMETROS DEL ALIMENTADOR HASTA TG

Longitud	13 Mts	
Calibre	350 awg Barra	
L=	0,013000 Km	
R=	0,09122 ohm/Km	Valor sacado de tablas
X=	0,09200 ohm/Km	Valor sacado de tablas
$R_L = (R \text{ ohm/Km})(L \text{ Km}) =$	0,00119 Ohms	
$X_L = (X \text{ ohm/Km})(L \text{ Km}) =$	0,00120 Ohms	

1,3 CORTO CIRCUITO CON BASE EN LAS DOS IMPEDANCIAS

$$Z_{cc} = \sqrt{(R_L + R_t)^2 + (X_L + X_t)^2} = 0,04210 \text{ Ohms}$$

CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO EN BORNES DEL INTERRUPTOR AUTOMÁTICO

$$I_{cc} = V / (Z_{cc}) = \begin{matrix} 10,7 & \text{KA.} \\ 10.736,6 & \text{Amp en BT} \\ 367,6 & \text{Amp en MT} \end{matrix}$$

DIFFERENCIA DE CORRIENTES ENTRE LOS BORNES Y EL PUNTO A : 13,0 Mts

6.019,2 Amp

1.2.2.2. CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTES

1.0 Datos del transformador protocolo o NTC 819

Potencia	300	KVA
Tension primario	13200	V
Tension secundario	452	V
Impedancia Uz	6	%

Instalado en poste

2.0 Calculo de corriente en MT

Corriente nominal del primario	S/V	13,12
Icc Primario	In(prim)/Zcc	218,7

3.0 Calculo de corriente en BT

Corriente nominal del secundario	S/V	383,2
Icc Secundario	In(sec)/Zcc	6387
Icc Secundario referida al primario		218,7

4.0 Curvas de coordinacion

Para el transformador de 300 KVA, se selecciona:

Fusible tipo dual 7 A

Se utiliza en BT un totalizador de 3x130 A

Se presenta la curva característica del fusible MT y la del totalizador BT

4.1 CURVA PROTECCION BT

CURVA 1

Icc	Factor	Corriente	Tiempo (s)
6387	23,4	273,4	0,008

Ireferencia 273,4 A Corriente de arranque

4.2 CURVA FUSIBLE MT

CURVA 2

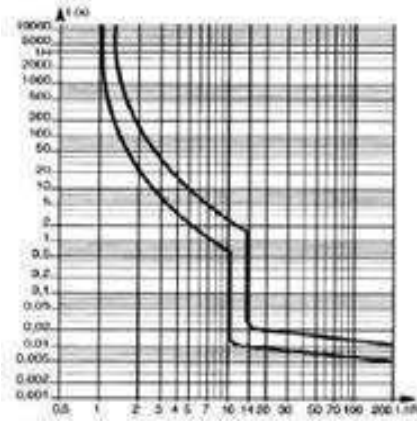
Corriente (A)	Icc * 1,25	Tiempo (s)	
218,7	273,37	0,135	→ Icc

Conclusiones

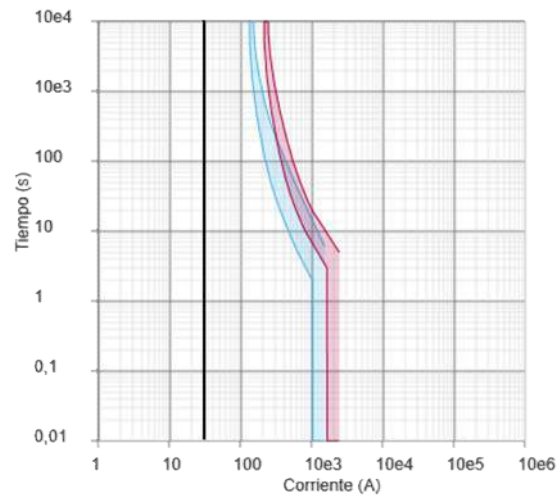
Se garantiza la adecuada coordinación de protecciones el margen de tiempo entre la proteccion de BT y MT es de

127 ms

Curva de Disparo fusible de media tensión



2) COMPORTAMIENTO TERMOMAGNÉTICO DE LAS REFERENCIAS DE INTERRUPTORES MARCA



SELECCIÓN DE LA MARCA DE INTERRUPTORES Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

Como se evidenció en los numerales anteriores; la marca que se seleccionó como referencia desde el diseño para la coordinación de protecciones es schneider; sin embargo en caso de que se utilice otra marca diferente; esta debe presentar características técnicas iguales o superiores y tener un precio en el mercado igual o inferior dicha marca seleccionada para estos cálculos.

Además debe contar con software de coordinación de protecciones para la adecuada selección de referencias y sus respectivas curvas termomagnéticas; con el fin evidenciar de forma gráfica la asertiva selectividad entre las protecciones de los diferentes ramales del sistema; ya que las curvas y especificaciones técnicas varían entre los diferentes fabricantes.

1.2.2.3. VERIFICACION DE CONDUCTORES TIEMPO DISPARO Y POR CORTO CIRCUITO.

En este proyecto se analizan los conductores del alimentador que viene del transformador a el tablero principal de medidores y de el tablero de medidores a tablero de distribución interna en cada apartamento.

La corriente de corto circuito calculada por baja tensión fue de 6,01 kA

1.2.2.3.1. Acometida 6x3xNo. 350 FASES + 2x No. 350 NEUTRO + 1xNo. 1/0 TIERRA Cu THWN

Calculo de Corriente máxima de Corto Circuito			Formula Aplicada
Calibre del Cable:	350mcm		$I_{cc} = A \sqrt{\frac{0,0297 \log \left[\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234} \right]}{t}}$ Donde: <i>I_{cc}</i>: Corriente de Corto Circuito <i>A</i>: Área del Conductor en MCM <i>t</i>: Tiempo de Corto Circuito en seg. <i>T1</i>: Temperatura de operación del cable <i>T2</i>: Temperatura Max. De Corto Circuito Fuente: Okonite
Área:	350000	CMIL	
Frecuencia:	60	Hz	
Duración del Corto C:	5 0,08	Ciclos Seg	
Temp. De Operación:	90	°C	
Temp. Max Corto C:	250	°C	
Corriente de CC:			87,23 kA

1.2.2.3.2. Alimentadores 3xNo. 6 FASES + 1xNo. 6 NEUTRO + 1xNo. 10 TIERRA COBRE THWN

Calculo de Corriente máxima de Corto Circuito			Formula Aplicada
Calibre del Cable:	6		$I_{cc} = A \sqrt{\frac{0,0297 \log \left[\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234} \right]}{t}}$ Donde: <i>I_{cc}</i>: Corriente de Corto Circuito <i>A</i>: Área del Conductor en MCM <i>t</i>: Tiempo de Corto Circuito en seg. <i>T1</i>: Temperatura de operación del cable <i>T2</i>: Temperatura Max. De Corto Circuito Fuente: Okonite
Área:	26240	CMIL	
Frecuencia:	60	Hz	
Duración del Corto C:	5 0,08	Ciclos Seg	
Temp. De Operación:	90	°C	
Temp. Max Corto C:	250	°C	
Corriente de CC:			6,54 kA

1.2.2.3. VERIFICACION DE CONDUCTORES TIEMPO DISPARO Y POR CORTO CIRCUITO.

1.2.2.3.3. Alimentadores 3xNo. 4/0 FASES + 1x No. 4/0 NEUTRO + 1xNo. 8 TIERRA COBRE THWN

Calculo de Corriente máxima de Corto Circuito			Formula Aplicada
Calibre del Cable:	4/0		$I_{cc} = A \sqrt{\frac{0,0297 \log \left[\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234} \right]}{t}}$ Donde: I_{cc}: Corriente de Corto Circuito A: Área del Conductor en MCM t: Tiempo de Corto Circuito en seg. T_1: Temperatura de operación del cable T_2: Temperatura Max. De Corto Circuito Fuente: Okonite
Área:	211600	CMIL	
Frecuencia:	60	Hz	
Duración del Corto C:	5 0,08	Ciclos Seg	
Temp. De Operación:	90	°C	
Temp. Max Corto C:	250	°C	
Corriente de CC:			52,74 kA

1.2.2.3.4. Alimentadores 3xNo. 1/0 FASES + 1xNo. 2 NEUTRO + 1xNo. 8 TIERRA COBRE THWN

Calculo de Corriente máxima de Corto Circuito			Formula Aplicada
Calibre del Cable:	1/0		$I_{cc} = A \sqrt{\frac{0,0297 \log \left[\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234} \right]}{t}}$ Donde: I_{cc}: Corriente de Corto Circuito A: Área del Conductor en MCM t: Tiempo de Corto Circuito en seg. T_1: Temperatura de operación del cable T_2: Temperatura Max. De Corto Circuito Fuente: Okonite
Área:	105518	CMIL	
Frecuencia:	60	Hz	
Duración del Corto C:	5 0,08	Ciclos Seg	
Temp. De Operación:	90	°C	
Temp. Max Corto C:	250	°C	
Corriente de CC:			26,30 kA

1.2.2.3. VERIFICACION DE CONDUCTORES TIEMPO DISPARO Y POR CORTO CIRCUITO.

1.2.2.3.5. Alimentadores 3xNo. 250 FASES + 1xNo. 2 NEUTRO + 1xNo. 4 TIERRA COBRE THWN

Calculo de Corriente máxima de Corto Circuito			Formula Aplicada
Calibre del Cable:	250mcm		$I_{cc} = A \sqrt{\frac{0,0297 \log \left[\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234} \right]}{t}}$ Donde: <i>I_{cc}</i>: Corriente de Corto Circuito <i>A</i>: Área del Conductor en MCM <i>t</i>: Tiempo de Corto Circuito en seg. <i>T1</i>: Temperatura de operación del cable <i>T2</i>: Temperatura Max. De Corto Circuito Fuente: Okonite
Área:	250000	CMIL	
Frecuencia:	60	Hz	
Duración del Corto C:	5 0,08	Ciclos Seg	
Temp. De Operación:	90	°C	
Temp. Max Corto C:	250	°C	
Corriente de CC:			62,31 kA

1.2.2.3.6. Alimentadores 3xNo. 2 FASES + 1x No. 2 NEUTRO + 1xNo. 8 TIERRA COBRE THWN

Calculo de Corriente máxima de Corto Circuito			Formula Aplicada
Calibre del Cable:	2		$I_{cc} = A \sqrt{\frac{0,0297 \log \left[\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234} \right]}{t}}$ Donde: <i>I_{cc}</i>: Corriente de Corto Circuito <i>A</i>: Área del Conductor en MCM <i>t</i>: Tiempo de Corto Circuito en seg. <i>T1</i>: Temperatura de operación del cable <i>T2</i>: Temperatura Max. De Corto Circuito Fuente: Okonite
Área:	66360	CMIL	
Frecuencia:	60	Hz	
Duración del Corto C:	5 0,08	Ciclos Seg	
Temp. De Operación:	90	°C	
Temp. Max Corto C:	250	°C	
Corriente de CC:			16,54 kA

1.2.2.3. VERIFICACION DE CONDUCTORES TIEMPO DISPARO Y POR CORTO CIRCUITO.

1.2.2.3.7. Alimentadores 3xNo. 500 FASES + 1x No. 4/0 NEUTRO + 1xNo. 1/0 TIERRA COBRE THWN

Calculo de Corriente máxima de Corto Circuito			Formula Aplicada
Calibre del Cable:	500mcm		$I_{cc} = A \sqrt{\frac{0,0297 \log \left[\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234} \right]}{t}}$ Donde: I_{cc}: Corriente de Corto Circuito A: Área del Conductor en MCM t: Tiempo de Corto Circuito en seg. T_1: Temperatura de operación del cable T_2: Temperatura Max. De Corto Circuito Fuente: Okonite
Área:	500000	CMIL	
Frecuencia:	60	Hz	
Duración del Corto C:	5 0,08	Ciclos Seg	
Temp. De Operación:	90	°C	
Temp. Max Corto C:	250	°C	
Corriente de CC:			124,62 kA

1.2.2.4. CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA Y ESTUDIO DE RESISTIVIDAD			
DATOS DE LA RED DE TIERRA			
Uso de la red de tierra		Subestaciones de media tension de uso exterior	
Peso de la persona a considerar en la falla (kg)		50	
Resistencia maxima de puesta a tierra R_{max} (Ω)		10	
Resistividad del Terreno ρ (Ω -m)		13,27	
Cte. de falla monof. a tierra en MT I_0 (Amp)		1.149	
Cte. de falla monof. a tierra en BT I (Amp)			
Tiempo de despeje de la falla t_c (s)		0,15	
Material a utilizar con temp. ambiente de 40°C		Cobre duro con soldadura exotermica	
Existe capa superficial?		SI	
Resistividad de la Capa superficial ρ_s (Ω -m)		5.000	
Espesor de la Capa superficial h_s (m)		0,30	
Geometria de la malla		Rectangular	
Ancho Largo	Largo (m)	12,00	
	Ancho (m)	4,00	
	L1 (m)	x	
	L2 (m)	x	
Profund. de enterramiento de la Malla h (m)		0,50	
Area de la Malla A_m (m^2)		48,00	
Perimetro de la Malla L_p (m)		32,00	
Lado de la cuadrícula de la Malla D (cm)		2,0	
Longitud total del conductor horizontal L_T (m)		64	
Numero de electrodos conectados a la malla N		8	
Long. del electrodo de la malla L_v (m)		2,40	
Long. total de los electrodos de malla L_{lv} (m)		19,20	
RESULTADOS DE CALCULOS			
Area minima del conductor a utilizar A_c (mm^2)		4,77	
Calibre del conductor escogido (AWG)		2/0 AWG	
Diametro del conductor escogido d (m)		0,0093	
Tension de contacto tolerable $V_{contacto, Tolerable}$ (V)		2.249	
Tension de paso tolerable $V_{paso, tolerable}$ (V)		8.111	
Resistencia de puesta a tierra R_g (Ω)		0,91	
Maximo potencial de tierra GPR (V)		1.781	
Tension de de contacto en caso de falla V_{malla} (V)		200	
Tension de paso en caso de falla V_{paso} (V)		207	
ANALISIS DE RESULTADOS			
Si $GPR < V_{contacto Tolerable}$		OK!!! Su diseño ha sido EXITOSO	
$V_{malla} < V_{contacto Tolerable}$		OK!!! La tension de malla cumple	
$V_{paso} < V_{paso tolerable}$		OK!!! La tension de paso cumple	
$R_g < R_{max}$		OK!!! Su diseño ha sido EXITOSO	

1.2.3.1 ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO.

1. INTRODUCCION.

Las instalaciones eléctricas frecuentemente están sujetos a sobre tensiones que pueden modificar los parámetros o variables del sistema eléctrico, debe existir una coordinación razonable entre las sobretensiones existentes, los aislamientos auto-regenerativos, los aislamientos de los equipos eléctricos y el nivel de respuesta de los descargadores.

Es importante también conocer las pruebas finales de evaluación de los aislamientos de las maquinas, componentes y equipos de media tensión y uso final.

Se tienen en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.

El cálculo de pérdidas de energía se justifica en el cálculo de conductores económicos bajo la norma IEC IEC 60287-3-2:1995

2. OBJETO.

Presentar el informe del análisis de coordinación de aislamiento, con el fin especificar los niveles de aislamiento que deben soportar los equipos de protección a instalar en Media tensión y baja tensión, verificando su adecuada coordinación entre los dispositivos del Proyecto: SISTEMA REGIONAL DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LOS ACUEDUCTOS DE LOS MUNICIPIOS DE COVENAS Y SANTIAGO DE TOLÚ EN EL DEPARTAMENTO DE SUCRE (PLANTA DE TRATAMIENTO DE

3. NORMATIVIDAD APLICABLE.

Para la evaluación de los niveles de aislamiento y la coordinación de aislamiento de la subestación de media tensión del proyecto SISTEMA REGIONAL DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LOS ACUEDUCTOS DE LOS MUNICIPIOS DE COVENAS Y SANTIAGO DE TOLÚ EN EL DEPARTAMENTO DE SUCRE (PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE), se siguen los lineamientos de las normas relacionadas:

- ✓ [1] Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE.
- ✓ [2] Norma colombiana NTC 4552-1.
- ✓ [3] IEC 60071-1 Términos, definiciones, principios y reglas.
- ✓ [4] IEC 60071-2 Guía de aplicación.
- ✓ [5] Libro, Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión, Segunda edición, HMV Ingenieros 2003.
- ✓ [6] Ficha técnica de descargadores en Media tensión Marca Celsa, Gamma.

4. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN COODINACION DE AISLAMIENTO.

Para el sistema en media tensión, caso específico de las protecciones contra sobretensiones DPS, comúnmente llamados pararrayos, ubicados en el primario del centro de transformación, el BIL se calcula como sigue:

1.2.3.1 ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO.

4.1 Cálculo de la tensión continua de operación COV.

$$\text{COV} = U_m / \sqrt{3}$$

De donde:

U_m : Tensión máxima de operación del sistema.

U_{RMS} : Tensión nominal entre fases.

$$U_m = U_{RMS} \times 1,1 = 13,2 \text{ kV} \times 1,1 = 14,52 \text{ kV}$$

Entonces el COV es:

$$\text{COV} = 14.52 \text{ kV} / \sqrt{3} = 8.38 \text{ KV.}$$

De la tabla especificaciones técnicas de DPS marca Celsa, el cual está conectado del lado primario del transformador, se selecciona un DPS con el valor superior del COV, el cual es de 8,4 kV, que es el más cercano y superior al calculado y comercialmente distribuido.

4.2 Cálculo y verificación de la sobretensión temporal TOV.

$$\text{TOV} = K_e \times \text{COV}$$

Para un sistema sólidamente aterrizado

$$K_e = 1,4$$

Se calcula el TOV de la siguiente forma:

$$\text{TOV} = 1.4 \times 8.38 \text{KV} = 11.73 \text{ kV}$$

Del DPS anteriormente seleccionado se verifica que el TOV sea mayor al calculado, el cual es 11.88 kV, para un tiempo de duración de 1,0 s.

4.3 Característica del DPS a instalar.

De la tabla característica del DPS en media tension marca Celsa Ref: 12KV - 10KA, se obtienen los valores de.

1.2.3.1 ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO.

NPR: Nivel de protección para impulso atmosférico, y NPM: Nivel de protección para impulso de maniobra.

Con un **COV = 8,4 kV** y **TOV = 11.84kV** el **NPR = 43.3 kV** para una tensión de impulso de tiempo de frente **8/20µs a 40kAmp**

El nivel básico de aislamiento según IEC 60071-1, la tensión de soportabilidad normalizada al impulso tipo rayo debe ser mayor o igual a 40kV.

El BIL se calcula con un factor de seguridad **Ke** que relaciona el NPR y el BIL.

Para sistemas con tensión nominal inferior a 52 KV, se establece que $Ke=1.4$ entonces el BIL calculado es

$$\text{BIL} = 1.4 \times 43.3 \text{ kV} = 60.62 \text{ KV}$$

Para la caja cortacircuito el BIL es de 110 kV.

Para el transformador de potencia el Nivel Básico de Aislamiento calculado BIL, es menor al BIL normalizado para los transformadores de distribución tipo poste sumergidos en aceite (como el que instalará en el proyecto SISTEMA REGIONAL DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LOS ACUEDUCTOS DE LOS MUNICIPIOS DE COVENAS Y SANTIAGO DE TOLÚ EN EL DEPARTAMENTO DE SUCRE (PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE).) que es de 90kV, el cual garantiza en su implementación una protección adecuada para el centro de transformación.

En baja tensión, el **BIL** se especifica para los equipos correspondientes al usuario y están normalizados en la norma NTC 4552-1 literal E.5 Información general relacionada con DPS, en la tabla E.3 "tensión al impulso que deben soportar los equipos"

Nivel de tensión de operación de los equipos V	BIL requerido en (kV)			
	Contadores	Tableros, interruptores, cables, etc.	Electrodomésticos, herramientas portátiles	Equipo electrónico
	Categoría IV	Categoría III	Categoría II	Categoría I
120 – 240 ; 120 / 208	4	2,5	1,5	0,8
254 / 440 ; 277 / 480	6	4	2,5	1,5

Tabla E.3. Tensión al impulso que deben soportar los equipos NTC 4152-1

En esta tabla E3 se especifica, por ejemplo, para:

1.2.3.1 ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO.

➤ Tableros, interruptores y cables CAT IV BIL 4kV para contadores y CAT III: BIL=2.5 kV para sistemas de hasta 240V de operación. (DPS Tipo 1 y tipo 2).

El DPS seleccionado es el Marca APT de tipo 1, el cual es testado a una tensión de 6kV, 220/127V trifasico y cumple la norma UL1449 3ra Ed, ref: TE-01-XCS-01 a 100kAmp.

Si se cambian los equipos seleccionados, deben cumplir las especificaciones indicadas, de lo contrario el diseñador no se hace responsable.

1.2.3.3 ANALISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELECTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLO

En Retie en el Capítulo 1, Artículo N°5.1, se encuentra la Matriz de Análisis de Riesgo, la que sirve para evaluar el nivel del riesgo de tipo eléctrico y se plantean las medidas para mitigarlos.

Para hacer uso de la matriz de riesgo, se hace necesario definir que es:

Se

Riesgo: Probabilidad de que, en una actividad, se produzca una pérdida determinada, en un tiempo dado.

Contacto eléctrico: es la acción de cerrar un circuito eléctrico al unirse dos elementos.

Contacto eléctrico directo: al contacto de personas o animales con conductores activos de una instalación eléctrica

Riesgo eléctrico: Es el originado por la energía eléctrica. Dentro de este tipo de riesgo se incluyen los siguientes:

- Choque eléctrico por contacto con elementos en tensión (contacto eléctrico directo), o con masas puestas accidentalmente en tensión (contacto eléctrico indirecto).
- Quemaduras por choque eléctrico, o por arco eléctrico.
- Caídas o golpes como consecuencia de choque o arco eléctrico.
- Incendios o explosiones originados por la electricidad

Trabajador calificado: Trabajador autorizado que posee conocimientos especializados en materia de instalaciones eléctricas, debido a su formación acreditada, profesional o universitaria, o a su experiencia

Tipos De Accidentes Eléctricos. (Solo se especifican algunos).

Accidente con circulación de corriente a través del organismo

- Contacto con un conductor energizado.
- Puente entre dos conductores energizados y de distinta fase.
- Contacto con partes metálicas del receptor que están energizadas.

Accidente sin circulación de corriente a través del organismo

- Quemaduras directas por proyección de metal fundido
- Quemaduras provocadas por la radiación de arcos eléctricos potentes

Accidente por choque eléctrico.

- Paralización del sistema respiratorio.
- Alteración del ritmo cardíaco.
- Tensión muscular
- Pérdida de la vida.

1.2.3.3 ANALISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELECTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLO

Ejemplo general de análisis con matriz de riesgo con la cual se realiza cada uno de los análisis de riesgos.

RIESGO A EVALUAR:		Quemaduras y Electrocutcion		Por		Rayos		(al) o (en)		Sistema de puesta a tierra	
EVENTO O EFECTO						FACTOR DE RIESGO				FUENTE	
POTENCIAL		☒	REAL			☐	FRECUENCIA				
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la Empresa	N i v e l	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertos E5	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1dia)	Daños severos, Interrupción breve	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves No Interrupción.	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

RIESGO A EVALUAR:		Quemaduras y Electrocutcion		Por		Arcos electricos		(al) o (en)		Red secundaria 220-127V	
		EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO				FUENTE	
POTENCIAL		X	REAL			FRECUENCIA					
					N i v e l	E	D	C	B	A	
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la Empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertos	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1dia)	Daños severos, Interrupción breve	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves No Interrupción.	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

1.2.3.3 ANALISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELECTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLO

1.2.3.3 ANALISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELECTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLO

RIESGO A EVALUAR:		Quemaduras y Electrocucion		Por		Contacto directo		(al) o (en)		Red secundaria 220-127V	
EVENTO O EFECTO						FACTOR DE RIESGO				FUENTE	
POTENCIAL		X	REAL			FRECUENCIA					
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la Empresa	N i v e l	E	D	C	B	A	
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertos E5	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente E4	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos, Interrupción breve	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves No Interrupción.	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

RIESGO A EVALUAR:		Quemaduras		Por		Cortacircuitos		(al) o (en)		Red secundaria 220-127V	
		EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO				FUENTE	
POTENCIAL		X	REAL				FRECUENCIA				
						E	D	C	B	A	
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la Empresa	N i v e l	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertos E5	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente E4	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1día)	Daños severos, Interrupción breve	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves No Interrupción.	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

1.2.3.3 ANALISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELECTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLO

RIESGO A EVALUAR:		Electrocución		Por		Tensión de contacto		(al) o (en)		Conductores y equipos	
		EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO				FUENTE	
POTENCIAL		X	REAL			FRECUENCIA					
						E	D	C	B	A	
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la Empresa	N i v e l	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertos	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1día)	Daños severos, Interrupción breve	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad) E2	Daños importantes. Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves No Interrupción.	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

RIESGO A EVALUAR:		Incendio		Por		Sobrecarga		(al) o (en)		Conductores, equipos y/o red secundaria	
		EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO				FUENTE	
		POTENCIAL	☒	REAL	☐	FRECUENCIA					
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la Empresa	N i v e l	E	D	C	B	A	
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertos	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos, Interrupción breve	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia fiuncional (afecta rendimiento laboral) E1	Daños leves No Interrupción.	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

1.2.3.3 ANALISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELECTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLO

RIESGO A EVALUAR:		Electrocución		Por		Electricidad estatica		(al) o (en)		Ambiente o manipulación de equipos	
EVENTO O EFECTO						FACTOR DE RIESGO				FUENTE	
POTENCIAL		☒	REAL		☐	FRECUENCIA					
					N i v e l	E	D	C	B	A	
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la Empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertos	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1día)	Daños severos, Interrupción breve	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad) E2	Daños importantes. Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves No Interrupción.	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

RIESGO A EVALUAR:		Electrocución		Por		Tensión de paso		(al) o (en)		Conductores y equipos	
		EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO				FUENTE	
POTENCIAL		X	REAL				FRECUENCIA				
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la Empresa	N i v e l	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertos	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1día)	Daños severos, Interrupción breve	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad) E2	Daños importantes. Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves No Interrupción.	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

1.2.3.3 ANALISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELECTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLO

RIESGO A EVALUAR:		Quemaduras y Electrocutación		Por		Equipo defectuoso		(al) o (en)		Ambiente o manipulación de equipos	
EVENTO O EFECTO						FACTOR DE RIESGO				FUENTE	
POTENCIAL		X	REAL			FRECUENCIA					
					N i v e l	E	D	C	B	A	
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la Empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertos	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1día)	Daños severos, Interrupción breve	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves No Interrupción.	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

RIESGO A EVALUAR:		Quemaduras y Electrocutación		Por		Contacto directo		(al) o (en)		Tablero de baja tensión	
		EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO				FUENTE	
POTENCIAL		X	REAL			FRECUENCIA					
						E	D	C	B	A	
En personas		Economicas	Ambientales	En la imagen de la Empresa	N i v e l	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertos E5	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente E4	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1día)	Daños severos, Interrupción breve	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves No Interrupción.	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

1.2.3.3 ANALISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELECTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLO

RIESGO A EVALUAR:		Quemaduras		Por		Cortacircuitos		(al) o (en)		Tablero de baja tensión	
		EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO				FUENTE	
POTENCIAL		☒	REAL		☐	FRECUENCIA					
						E	D	C	B	A	
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la Empresa	N i v e l	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertos E5	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente E4	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1día)	Daños severos, Interrupción breve	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves No Interrupción.	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

RIESGO A EVALUAR:		Electrocución		Por		Electricidad estatica		(al) o (en)		Superficies metálicas	
EVENTO O EFECTO						FACTOR DE RIESGO				FUENTE	
POTENCIAL		☒	REAL		☐	FRECUENCIA					
					N i v e l	E	D	C	B	A	
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la Empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertos	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos, Interrupción breve	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad) E2	Daños importantes. Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves No Interrupción.	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

1.2.3.3 ANALISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELECTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLO

RIESGO A EVALUAR:		Perdida y graves daños en bienes		Por		Rayos		(al) o (en)		Servicio de energía	
		EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO				FUENTE	
		POTENCIAL	☒	REAL	☐	FRECUENCIA					
					N i v e l	E	D	C	B	A	
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la Empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertos E5	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1día)	Daños severos, Interrupción breve	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves No Interrupción.	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

RIESGO A EVALUAR:		Incendio		Por		Sobrecarga		(al) o (en)		Circuitos ramales	
		EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO						FUENTE	
POTENCIAL		X	REAL			FRECUENCIA					
					N i v e l	E	D	C	B	A	
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la Empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertos	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1día)	Daños severos, Interrupción breve	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia fiuncional (afecta rendimiento laboral) E1	Daños leves No Interrupción.	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

1.2.3.3 ANALISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELECTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLO

1.2.3.3 ANALISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELECTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLO

RIESGO A EVALUAR:		Electrocución		Por		Tensión de paso		(al) o (en)		Subestación	
EVENTO O EFECTO						FACTOR DE RIESGO				FUENTE	
POTENCIAL		☒	REAL			☐	FRECUENCIA				
						E	D	C	B	A	
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la Empresa	N i v e l	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertos	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos, Interrupción breve	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad) E2	Daños importantes. Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves No Interrupción.	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

Los conceptos evaluativos se han plasmado en la siguiente tabla, que define también la forma como se valoran las actividades de riesgos.

RIESGO	VALORACION	NIVEL	MEDIDAS DE MITIGACION
Tensión de paso de contacto transferidas	Gravedad moderada y freq. Ocasional	Medio	Sistema de puesta a tierra
Choque eléctrico por contacto de partes energizadas	Gravedad moderada y freq. Ocasional	Alto	Señalización, equipo de protección personal, protecciones electricas diferenciales, conservar distancias de seguridad. Cumplir las 5 reglas de
Choque eléctrico por descargas atmosfericas	Gravedad severa ocasional y posible	Alto	Precaución al trabajar con mal tiempo
Incendio por cortacircuito o sobrecarga	Gravedad severa frecuente remota y	Medio	Coordinación de protecciones, mantenimiento periodico
Lesiones osteomusculares, magulladuras, heridas ocasionadas por manejo de herramientas	Gravedad moderada y freq. Ocasional	Medio	Uso de elementos de protección personal, supervisión y pausas activas
Incidentes por vehiculos en vía pública anexa	Gravedad moderada y freq. Ocasional	Medio	Demarcación del area de trabajo y supervisión.

1.2.3.4. CÁLCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS PARA ASEGURAR QUE EN ESPACIOS DESTINADOS A ACTIVIDADES RUTINARIAS DE LAS PERSONAS, NO SE SUPEREN LOS LÍMITES DE EXPOSICIÓN DEFINIDOS EN LA TABLA 14.1 DEL RETIE.

El Reglamento de RETIE en el Capítulo 2, Artículo 14, define requisitos para intensidad de campo eléctrico y densidad de flujo magnético para las zonas donde pueda permanecer público, basado en criterios de la institución internacional ICNIRP, la cual es una comisión perteneciente a la Internacional Radiation Protection Association (IRPA) para la protección de la población y el medio ambiente frente a las radiaciones no-ionizantes y, en particular, proporciona guías y recomendaciones para evitar la exposición a dichas radiaciones, teniendo en cuenta la actividad del individuo, si se trata de una exposición Ocupacional o si es Público en general.

1) CALCULO DEL CAMPO ELECTRICO INDUCIDO:

El campo eléctrico es producido por la presencia de cargas eléctricas estáticas o en movimiento en un medio cercano al receptor.

La fórmula para el cálculo de la Intensidad del Campo Eléctrico inducido está dada por:

$$E = 1/(4\pi\epsilon)\cdot(Q/r^2)\cdot U \quad [V/m]$$

donde:

$$\epsilon = \epsilon_r \cdot \epsilon_0$$

ϵ_0	Constante de permitividad eléctrica en el vacío = $8.987552 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$
ϵ_r	Permitividad relativa del medio = $1.00058986 \cdot 10^0 \text{ Adm}$
E :	Permitividad Absoluta
U :	Tensión de la línea a tierra = 7620 V
Q :	Carga eléctrica emisora = $6.24 \cdot 10^{15} \text{ Unid. Electronicas}$
r :	Distancia del emisor al receptor en cm = 720 cm

Para el caso de la línea de Media Tensión que estamos analizando, tenemos:

$$E = (1/(4\pi \cdot 3,1416 \cdot 1.00058986 \cdot 10^9 \cdot 8.987552 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2})) \cdot (6.24 \cdot 10^{15} \text{ eL} / (7.2^2 \cdot 10^2 \text{ cm}^2)) \cdot 7620 \text{ V} \quad [V/m]$$

$$E = 47548,83 \cdot 10^2 / 6704,75 \quad [V/m]$$

E =	709,18	[V/m]
-----	--------	-------

Por tanto: E =	0,71 KV/m
----------------	-----------

En este caso se trata de una exposición del público en general hasta 8 horas continuas.

Según el Reglamento del RETIE, en el Artículo 14.4 del Capítulo 2, se especifica que el Campo Eléctrico inducido no debe ser superior a **4,16 KV/m**.

En conclusión ***Sí cumple con la norma del Campo Eléctrico inducido, indicado en el Retie.***

2) CALCULO DEL CAMPO MAGNETICO INDUCIDO:

El campo magnético es producido por la presencia de cargas magnéticas en movimiento en el medio cercano al receptor.

La fórmula para el cálculo de la Intensidad del Campo Magnético inducido está dada por:

$$B = (\mu/(2 \cdot \pi)) \cdot (I/d) \quad [T]$$

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

Donde:

B :	Densidad de flujo magnética	[T]
μ_0 :	Permitividad magnética del vacío = $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T m A}^{-1}$	[TmA ⁻¹]
μ_r :	Permitividad magnética del aire	Adim
μ :	Permitividad magnética absoluta	[TmA ⁻¹]
I :	Intensidad de la corriente eléctrica de MT= 1,136363 Amp	[Amp]
d :	Distancia del emisor al receptor = 7,2 mt	

Para fines prácticos hacemos $\mu_r = \mu_0$, dado que la permitividad magnética del vacío es muy cercana a la del aire.

Para el caso de la línea de Media Tensión que estamos analizando, tenemos:

$$B = (\mu/(2 \cdot \pi)) \cdot (I/d) = (4\pi \cdot 10^{-7} / (2 \cdot 3,1416)) \cdot (1,136363 / 7,2) \quad [T]$$

B =	3,16 · 10 ⁻⁷	[T]
B =	0,32	[μT]

Por tanto: B =	0,32 μT
----------------	---------

En este caso se trata de una exposición del público en general hasta 8 horas continuas.

Según el Reglamento del RETIE, en el Artículo 14.4 del Capítulo 2, se especifica que el Campo Magnético inducido no debe ser superior a 200 microTeslas.

En conclusión ***Sí cumple con la norma del Campo Magnético inducido, indicado en el Retie.***

1.2.3.5 CLASIFICACION DE AREAS					
La clasificación de áreas es un metodo de analisis que se palica al medio ambiente donde pueden existir gases, nieblas o vapores inflamables, fibras o polvos, con el fin de establecer las precauciones especiales que se deben considerar para la construcción, instalación o uso de materiales y equipos electricos. En instalaciones donde exista una alta probabilidad de presencia de una atmosfera explosiva se deberan utilizar equpos electricos con una muy baja probabilidad de crear una fuente de ignición. En consecuencia, la clasificación de las areas según su clase es:					
	NO APLICA	X	No esta expluesta a ningún tipo de gases que puedan causar alguna explosión.		
Según la IEC	ZONA 0:		Abarca áreas, en las cuales exista la presencia de una atmósfera de gas explosivo de manera permanente o por períodos prolongados.		
	ZONA 1:		Abarca áreas, en las cuales se puede esperar que exista la presencia de una atmósfera de gas explosivo de manera ocasional o poco frecuente.		
	ZONA 2:		Abarca áreas, en las cuales sólo puede esperarse la presencia de una atmósfera de gas explosivo de manera muy poco frecuente de atmósfera explosiva constituida por una mezcla de aire con sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla o y si ella se genera, existirá por períodos breves únicamente.		
Según la NFPA	CLASE I:		Gases, vapores y líquidos inflamables. (A Acetileno, B Hidrogeno, C Etileno y D Propano.)		
	CLASE II:		Polvos combustibles. (E Metales, F Carbón y G granos orgánicos.)		
	CLASE III:		Fibras y partículas combustibles. (no hay clasificación por grupos.)		
	La Divisiones hace referencia a la frecuencia que en un sitio puede estar presente en el aire gases o vapores inflamables	División 1:		Condiciones normales de Operación o de Mantenimiento	
		División 2:		Operación anormal, o lugar adyacente a División 1.	
JUSTIFICACION:					

1.2.3.10. DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD EN REDES DE MT Y TABLEROS DE BT

Se debe cumplir con las siguientes tablas, según el nivel de tensión del diseño.

1.2.3.10.1. Distancias en media tensión.

DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD EN ZONAS CON CONSTRUCCIONES		
Descripción	Tensión nominal entre fases (kV)	Distancia (m)
Distancia vertical "a" sobre techos y proyecciones, aplicable solamente a zonas de muy difícil acceso a personas y siempre que el propietario o tenedor de la instalación eléctrica tenga absoluto control tanto de la instalación como de la edificación (Figura 13.1).	44/34,5/33	3,8
	13,8/13,2/11,4/7,6	3,8
	<1	0,45
Distancia horizontal "b" a muros, balcones, salientes, ventanas y diferentes áreas independientemente de la facilidad de accesibilidad de personas. (Figura 13.1)	66/57,5	2,5
	44/34,5/33	2,3
	13,8/13,2/11,4/7,6	2,3
	<1	1,7
Distancia vertical "c" sobre o debajo de balcones o techos de fácil acceso a personas, y sobre techos accesibles a vehículos de máximo 2,45 m de altura. (Figura 13.1)	44/34,5/33	4,1
	13,8/13,2/11,4/7,6	4,1
	<1	3,5
Distancia vertical "d" a carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular. (Figura 13.1) para vehículos de más de 2,45 m de altura.	115/110	6,1
	66/57,5	5,8
	44/34,5/33	5,6
	13,8/13,2/11,4/7,6	5,6
	<1	5

DISTANCIAS EN METROS										
Tensión nominal (kV) entre fases de la línea superior	500	4,8	4,2	4,2	4,2	4,3	4,3	4,6	5,3	7,1
	230/220	3,0	2,4	2,4	2,4	2,5	2,6	2,9	3,6	
	115/110	2,3	1,7	1,7	1,7	1,8	1,9	2,2		
	66	2,0	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5			
	57,5	1,9	1,3	1,3	1,3	1,4				
	44/34,5/33	1,8	1,2	1,2	1,3					
	13,8/13,2/11,4/7,6	1,8	1,2	0,6						
	<1	1,2	0,6							
	Comunicaciones	0,6								
Tensión nominal (kV) entre fases de la línea inferior										
Comunicación		<1	13,8/13,2/11,4/7,6	44/34,5/33	57,5	66	115/110	230/220	500	

Tabla 13.3. Distancias verticales mínimas en vanos con líneas de diferentes tensiones

CLASE DE CIRCUITO Y TENSIÓN ENTRE LOS CONDUCTORES CONSIDERADOS	DISTANCIAS HORIZONTALES DE SEGURIDAD (cm)
Conductores de comunicación expuestos	15 ⁽¹⁾ 7,5 ⁽²⁾
Alimentadores de vías férreas 0 a 750 V (4/0 AWG o mayor calibre). 0 a 750 V (calibre menor de 4/0 AWG). Entre 750 V y 8,7 kV.	15 30 30
Conductores de suministro del mismo circuito. 0 a 8,7 kV Entre 8,7 y 50 kV Más de 50 kV	30 30 más 1 cm por kV sobre 8,7 kV Debe atender normas internacionales
Conductores de suministro de diferente circuito ⁽³⁾ 0 a 8,7 kV Entre 8,7 y 50 kV Entre 50 kV y 814 kV	30 30 más 1 cm por kV sobre 8,7 kV 71,5 más 1 cm por kV sobre 50 kV

Tabla 13.4. Distancia horizontal entre conductores soportados en la misma estructura de apoyo

1.2.3.10. DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD EN REDES DE MT Y TABLEROS DE BT

		CONDUCTORES A MAYOR ALTURA	
		CONDUCTORES DE SUMINISTRO A LA INTemperie (Tensión en kV)	
		HASTA 1 kV	ENTRE 7,6 Y 66 kV
CONDUCTORES A MENOR ALTURA	Conductores y cables de comunicación, localizados en el apoyo de empresa de energía, o de empresas comunicaciones.	0,4	0,4 más 0,01 m por kV sobre 7,6 kV.
	Conductores de suministro eléctrico a la intemperie	Hasta 1 kV	0,4 más 0,01 m por kV sobre 7,6 kV
		Entre 1 kV y 7,6 kV	No permitido
		Entre 11,4 kV y 34,5 kV	No permitido
		Entre 44 kV y 66 kV	No permitido

Tabla 13.5. Distancia vertical mínima en metros entre conductores sobre la misma estructura**1.2.3.10.2. Distancias en Baja tensión.**

En este proyecto las distancias de seguridad básicamente se refieren a la los espacios de trabajo para el tablero de distribución del apartamento y en este caso sería dejar espacio libre al frente del tablero de distribución evitar que instalen equipos o se pongan elementos como muebles al frente del tablero y bloqueen el acceso a este.

El espacio de trabajo está definido en el artículo 110-16 de la NTC 2050

110-16. Espacio alrededor de los equipos eléctricos (para 600 V nominales o menos). Alrededor de Todos los equipos eléctricos deben existir y se debe mantener un espacio de acceso y de trabajo suficiente que permita el funcionamiento y el mantenimiento fácil y seguro de dichos equipos.

a) Espacio de trabajo. Excepto si se exige o se permite otra cosa en este código, la medida del espacio De trabajo para equipos que funcionen a 600 V nominales o menos a tierra y que pueden requerir examen, ajuste, servicio o mantenimiento mientras están energizados, debe cumplir con:

1) Profundidad del espacio de trabajo: la profundidad del espacio de trabajo en la dirección del acceso hacia las partes energizadas no debe ser inferior a la indicada en la Tabla 110-16.a). Las distancias se deben medir desde las partes energizadas, si están expuestas, o desde el frente de el encerramiento o abertura, si están encerrados.

Tabla 110-16.a). Espacio de trabajo			
Tensión nominal a tierra	Distancia mínima en (m) según la condición		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
0-150	0,9	0,9	0,9
151-600	0,9	1,1	1,2

1 Partes energizadas expuestas en un lado y ninguna parte energizada o puesta a tierra en el otro lado del espacio de trabajo, o partes energizadas expuestas a ambos lados protegidas eficazmente por madera u otros materiales aislantes adecuados. No se consideraran partes energizadas los cables o barras aislados que funcionen a menos de 300 V

2 Partes energizadas expuestas a un lado y puestas a tierra en el otro. Las paredes de hormigón, ladrillo o baldosa se deben considerar como puestas a tierra.

3 Partes energizadas expuestas en ambos lados del espacio de trabajo (no protegidas como está previsto en la Condición 1), con el operador entre ambas.

ANEXO 9

ANEXO 10

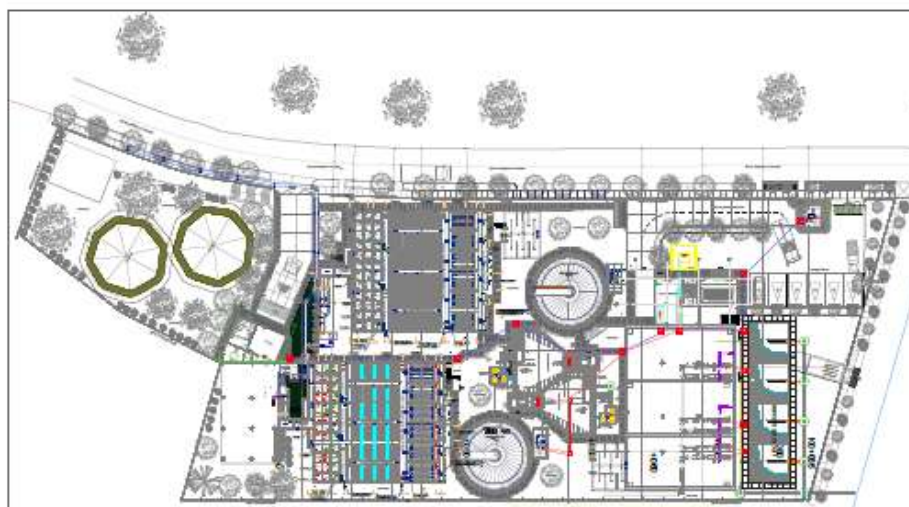
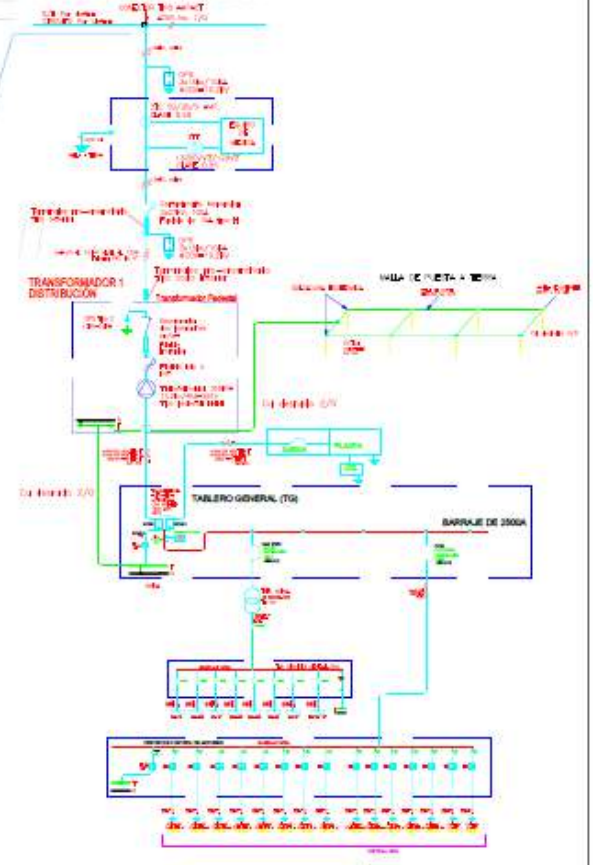


DIAGRAMA UNIFILAR



1.1.1.1. Cálculo de regulación de masa térmica									
Componente	Material	Vol. (m³)	Densidad (kg/m³)	Capacidad calorífica (kJ/kg·°C)	Reg. térmica (kJ/°C)	Reg. térmica (kWh/°C)	Reg. térmica (kWh/°C)	Reg. térmica (kWh/°C)	Reg. térmica (kWh/°C)
Placa de cemento	Placa	1.00	2400	0.88	2112	0.587	0.587	0.587	0.587
Placa de cemento	Placa	1.00	2400	0.88	2112	0.587	0.587	0.587	0.587
Placa de cemento	Placa	1.00	2400	0.88	2112	0.587	0.587	0.587	0.587
Placa de cemento	Placa	1.00	2400	0.88	2112	0.587	0.587	0.587	0.587

1.1.1.1. Cálculo de regulación de masa térmica									
Componente	Material	Vol. (m³)	Densidad (kg/m³)	Capacidad calorífica (kJ/kg·°C)	Reg. térmica (kJ/°C)	Reg. térmica (kWh/°C)	Reg. térmica (kWh/°C)	Reg. térmica (kWh/°C)	Reg. térmica (kWh/°C)
Placa de cemento	Placa	1.00	2400	0.88	2112	0.587	0.587	0.587	0.587
Placa de cemento	Placa	1.00	2400	0.88	2112	0.587	0.587	0.587	0.587
Placa de cemento	Placa	1.00	2400	0.88	2112	0.587	0.587	0.587	0.587
Placa de cemento	Placa	1.00	2400	0.88	2112	0.587	0.587	0.587	0.587

ANEXO 11

Sincelejo, diciembre 12 de 2025.

Doctora

LUISA FERNANDA PEREZ RODRÍGUEZ

Jefe de la Oficina de Gestión de Macroproyectos Estratégicos

GOBERNACIÓN DE SUCRE

La ciudad.

Asunto: Factibilidad Servicio de Energía Eléctrica Planta de Captación en Lórica.

Referencia: CONTRATO DE PRESTACION DE SERVICIOS PROFESIONALES No. 1005 de 2025.

Reciba un respetuoso saludo.

En atención a la necesidad de informar la diferencia entre el Certificado de Disponibilidad del Servicio de Energía Eléctrica para la Planta de Captación del Proyecto “CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA REGIONAL DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LOS ACUEDUCTOS DE LOS MUNICIPIOS DE COVEÑAS Y SANTIAGO DE TOLÚ EN EL DEPARTAMENTO DE SUCRE ” y el Certificado de Factibilidad del Servicio de Energía Eléctrica para la Planta de Tratamiento de Agua Potable para el mismo Proyecto, emitidos ambos por el operador de red local (Afinia S.A.-ESP), me permito manifestar lo siguiente:

1. La Planta de Captación en Lórica fue presentada al sector Córdoba Norte de Afinia S.A.-ESP (tal y como lo manifesté varias veces verbalmente y consta en el expediente correspondiente al interior del portal de Provisión del Servicio de esa Empresa de Servicios Públicos) porque el municipio de Lórica es atendido administrativa y operativamente por ese sector.

El proyecto fue presentado a nombre de un particular privado (Fundación Titanes) y la normativa exige que dentro de los soportes a entregar se entregué la licencia de construcción de la obra correspondiente. Como quiera que no se iba a disponer en el corto tiempo esa licencia de construcción y se necesitaba con suma URGENCIA un certificado de Afinia que indicara que sí había posibilidades de entregar el servicio de energía eléctrica a dicha planta, la solución entregada por ellos fue un Certificado de Disponibilidad del Servicio que reposa en el Drive de la obra y en el segundo informe de actividades presentado por el suscrito para el mes de noviembre del año en curso.

2. La Planta de Tratamiento de Agua Potable en Coveñas fue presentada al sector Sucre de Afinia S.A.-ESP (tal y como lo manifesté varias veces verbalmente y consta en el expediente correspondiente al interior del portal de Provisión del Servicio de esa Empresa de Servicios Públicos) porque el municipio de Coveñas es atendido administrativa y operativamente por ese sector.

El proyecto fue presentado a nombre del Municipio de Coveñas y la normativa NO exige que dentro de los soportes a entregar se entregué la licencia de construcción de la obra correspondiente. Por ello, para la Planta de Tratamiento de Agua Potable se dispone del Certificado de Factibilidad del Servicio que reposa en el Drive de la obra y en el segundo informe de actividades presentado por el suscrito para el mes de noviembre del año en curso.

Los efectos prácticos son los mismos: ambas plantas tienen acceso actualmente al servicio de energía eléctrica prestado por Afinia en la región caribe de Colombia. La diferencia es que el Certificado de Disponibilidad tiene vigencia de seis (6) meses a partir de su expedición, mientras que el Certificado de Factibilidad tiene vigencia de doce (12) meses a partir de su expedición.

Otra situación que es importante señalar aquí, y también lo manifesté verbalmente, es que cuando se vaya a energizar la Planta de Tratamiento de Agua Potable en Coveñas, Afinia exigirá la totalidad del pago (o un acuerdo de pago) sobre la deuda que SERCOV S.A.-ESP tenga con ellos para esa época, pues de la visita que realizaron sus inspectores al lugar de la construcción quedó claro para ellos que es el mismo lugar donde funciona la planta de tratamiento actual.

Agradezco sus comentarios sobre el particular.

Atentamente,



Alvaro Laguna Mercado
CC 92.512.010 de Sincelejo