607 617 7321
316 024 4149

Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505

www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com

MEMORIAS DE CÁLCULO
PROYECTO
RAMA JUDICIAL DE BARRANCABERMEJA

ING. DEIBY JAVIER BOHORQUEZ TARAZONA

M.P: SN205 - 158064

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

607 617 7321
316 024 4149
Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505
www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETIVO 7
2. ALCANCE 8
3. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO 8
4. NORMATIVA APLICABLE 9
5. DISEÑO DETALLADO 10
5.1. ANÁLISIS Y CUADROS DE CARGA INICIALES Y FUTURAS, INCLUYE ANÁLISIS DE FACTOR DE POTENCIA Y ÁRMONICOS. 10
5.2. ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO. 12
5.2.1. *NIVELES DE AISLAMIENTO NORMALIZADOS PARA REDES DE MEDIA TENSIÓN* 12
5.2.2. CARACTERISTICAS DE LOS AISLADORES EN MEDIA TENSIÓN (MT) 15
5.2.3. AISLAMIENTO PARA LINEA DE 13.2 kV 17
5.3. ANÁLISIS DE CORTOCIRCUITO Y FALLA A TIERRA. 18
5.4. ANÁLISIS DE NIVEL DE RIESGO POR RAYOS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS. 19
5.5. ANÁLISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELÉCTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS. 24
5.5.1. FACTORES DE RIESGO MAS COMUNES 24
5.5.2. MATRIZ DE ANÁLISIS DE RIESGOS 28
5.5.2.1. RIESGO POR CORTOCIRCUITO 29
5.5.2.2. RIESGO POR CONTACTO INDIRECTO 30
5.5.2.3. RIESGO POR CONTACTO DIRECTO 31
5.5.2.4. RIESGO POR ARCO ELÉCTRICO 32
5.5.2.5. RIESGO POR ELECTRICIDAD ESTÁTICA 33
5.5.2.6. RIESGO POR SOBRECARGA 34
5.5.2.7. RIESGO POR EQUIPOS DEFECTUOSOS 35
5.5.2.8. RIESGO POR TENSIÓN DE CONTACTO 36
5.5.2.9. RIESGO POR TENSIÓN DE PASO 37
5.6. ANÁLISIS DE NIVEL DE TENSIÓN. 38

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

5.7. CALCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS. 38
5.8. CALCULO DEL TRANSFORMADOR. 38
5.9. CALCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA. 41
5.9.1. *MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD DEL TERRENO Y MODELAMIENTO DEL SUELO* 41
5.9.2. *RESISTENCIA DEL CUERPO HUMANO* 42
5.9.3. *CORRIENTE EFECTIVA DE FALLA* 42
5.9.4. *TENSIONES DE PASO Y CONTACTO TOLERABLES POR EL CUERPO HUMANO* 43
5.9.5. *CÁLCULO DE CONDUCTORES DEL SPT* 45
5.9.6. *TOPOLOGÍA PROPUESTA DEL SPT* 46
5.9.7. *VALIDACIÓN DEL DISEÑO PROPUESTO* 47
5.10. CÁLCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES 51
5.10.1. *MEDIA TENSIÓN* 52
5.10.2. *BAJA TENSIÓN* 55
5.10.2.3. *CÁLCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES* 56
5.11. VERIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES DE ACUERDO CON LA IEC 60909, IEEE 242 – CAP 9 O EQUIVALENTE. 56
5.11.1. *MEDIA TENSIÓN* 57
5.11.2. *BAJA TENSIÓN* 57
5.12. CALCULO MECANICO DE ESTRUCTURAS Y ELEMENTOS DE SUJECIÓN DE EQUIPOS. 58
5.13. CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTES. 58
5.14. CALCULO DE CANALIZACIONES. 58
5.15. CÁLCULO DE PERDIDAS DE ENERGÍA. 59
5.16. CÁLCULO DE REGULACIÓN. 59
5.17. CLASIFICACIÓN DE ÁREAS. 59
5.18. ELABORACIÓN DE DIAGRAMAS UNIFILARES. 59
5.19. ELABORACIÓN DE PLANOS Y ESQUEMAS ELÉCTRICOS PARA CONSTRUCCIÓN. 59
5.20. DISTANCIAS DE SEGURIDAD REQUERIDAS. 59
5.20.1. *DISTANCIAS DE SEGURIDAD PARA TRABAJOS EN O CERCA DE PARTES ENERGIZADAS* 60

5.21. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DE DESVIACIÓN DE LA NTC 2050. 61
5.22. OTROS ESTUDIOS. 61

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

607 617 7321
316 024 4149
Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505
www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Lista de chequeo - Diseño detallado A-W. 7
Tabla 2. Datos Generales del proyecto. 8
Tabla 3. Normativa aplicable. 10
Tabla 4. Acometidas Media Tensión. 11
Tabla 5. Acometidas Baja Tensión. 11
Tabla 6. Características del proyecto. 12
Tabla 7. Niveles de aislamiento normalizados. 13
Tabla 8. Distancia de fuga nominal - IEC 815 14
Tabla 9. Características generales - Coordinación de aislamiento. 15
Tabla 10. Valores eléctricos, mecánicos y de radio influencia – Aisladores tipo pin de porcelana hasta 15kV. 16
Tabla 11. Información de cortocircuito en punto de conexión - ESSA 18
Tabla 12. Factores de riesgo eléctrico más comunes. 27
Tabla 13. Cálculo del transformador. 39
Tabla 14. Factor K - Transformadores. 39
Tabla 15. Transformador seleccionado. 40
Tabla 16. Valor k para el cálculo de la sección del conductor. 45
Tabla 17. Información de diseño. 52
Tabla 18. Variables de entrada. 53
Tabla 19. Capacidad de corriente (Ampacity) calibre seleccionado. 57
Tabla 20. Capacidad de corriente (Ampacity) calibre seleccionado. 57

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

607 617 7321
316 024 4149
Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505
www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com

INDICE DE IMAGENES

Imagen 1. Cuadro de cargas.....12
Imagen 2. Aisladores tipo pin de porcelana hasta 15kV. 15
Imagen 3. Aisladores de suspensión poliméricos hasta 35kV. 16
Imagen 4. Decisiones y acciones para controlar el riesgo.....28
Imagen 5. Matriz de riesgo - Cortocircuitos. 29
Imagen 6. Matriz de riesgos - Contacto indirecto.....30
Imagen 7. Matriz de riesgos - Contacto directo. 31
Imagen 8. Matriz de riesgos - Arco eléctrico. 32
Imagen 9. Matriz de riesgos - Electricidad estática.....33
Imagen 10. Matriz de riesgos - Sobrecarga. 34
Imagen 11. Matriz de riesgos - Equipos defectuosos. 35
Imagen 12. Matriz de riesgos - Tensión de contacto. 36
Imagen 11. Matriz de riesgos - Tensión de paso. 37
Imagen 14. Topología propuesta malla a tierra. 46

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

1. OBJETIVO

Diseño eléctrico de una subestación de potencia para una carga trifásica de 500 kVA perteneciente al proyecto "Diseño eléctrico SEP – Rama Judicial – Barrancabermeja, Santander" que consta de: Arranque en media tensión, Caja cortacircuitos, Acometida principal en Media Tensión desde red existente hasta celdas de media tensión: Acople o remonte, Medida, seccionador y protección. De la celda de seccionamiento derivamos un transformador eléctrico de potencia tipo pedestal o tipo jardín con acometida en baja tensión hacia tablero General de Distribución (TGBT).

A continuación, se presenta el listado del chequeo de los puntos a analizar en el presente documento, según el artículo diez (10) del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE):

ITEM	APLICA	NO APLICA
Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.	X	
Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.	X	
Análisis de cortocircuito y falla a tierra.	X	
Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.	X	
Análisis de riesgo de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.	X	
Análisis del nivel de tensión requerido.	X	
Cálculo de campos electromagnéticos.		X
Cálculo de transformadores.	X	
Cálculo de Sistema de Puesta a Tierra.	X	
Cálculo económico de conductores.	X	
Verificación de los conductores.	X	
Cálculo mecánico de estructuras.	X	
Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorriente.	X	
Cálculo de canalizaciones.	X	
Cálculos de pérdidas de energía.	X	
Cálculos de regulación.	X	
Clasificación de áreas.	X	
Elaboración de diagramas unifilares.	X	
Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.	X	
Especificaciones de construcción complementarias a los planos.		X
Establecer distancia de seguridad requeridas.	X	
Justificación técnica de desviación de la NTC 2050.		X

Tabla 1. Lista de chequeo - Diseño detallado A-W.

2. ALCANCE

Este proyecto tiene por objeto, el diseño eléctrico de la subestación eléctrica de potencia ubicada en Barrancabermeja, Santander. Incluye: Dimensionamiento de la acometida principal en media tensión, tendido de acometida subterránea hasta tren de celdas (4), dimensionamiento del transformador eléctrico de potencia y acometida en baja tensión hasta Tablero General de Distribución (TGBT) de la Rama Judicial ubicada en el palacio de justicia de Barrancabermeja, Santander.

En este diseño detallado, se realiza una descripción total de los requerimientos técnicos y cálculos de cada uno de los componentes correspondientes al diseño eléctrico de la subestación eléctrica de Potencia para la Rama Judicial ubicada en Barrancabermeja, Santander. Este proyecto ha estado enmarcado dentro del ámbito legal, procurando generar una respuesta técnica y económica adecuada a las necesidades del cliente.

3. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

La Rama Judicial se encuentra ubicada dentro del Palacio de Justicia en la Cl 50 # 8b -35 del municipio de Barrancabermeja, Santander. En la Rama judicial se pretende aumentar la carga de aires acondicionados y de igual manera mejorar la infraestructura eléctrica con el fin de dar cumplimiento a normativa local. Por tal razón, es necesario realizar un diseño eléctrico que cumpla con los requerimientos legales, normativos y propios del operador de red.

DATOS GENERALES	
NOMBRE DEL PROYECTO	Rama Judicial Barrancabermeja
DIRECCIÓN DEL PROYECTO	Calle 50 # 8b-35
MUNICIPIO / DEPARTAMENTO	Barrancabermeja, Santander
NIT REPRESENTANTE LEGAL	
REPRESENTANTE LEGAL	
TELEFONO	
TIPO DE SERVICIO	Ampliación de carga
ESTRATO	Oficial
OBJETO	Subestación de 500 kVA tipo jardín
TENSIÓN PRIMARIA	13200 V
TENSIÓN SECUNDARIA	220/127 V
CUENTAS EXISTENTES	1
CUENTAS PROYECTADAS	1
FACTIBILIDAD	

Tabla 2. Datos Generales del proyecto.

4. NORMATIVA APLICABLE

En el ámbito de la energía eléctrica, la normativa aplicable desempeña un papel crucial en la seguridad, la eficiencia y la confiabilidad de las instalaciones eléctricas y sistemas relacionados. Su principal función es establecer reglas y estándares que deben cumplirse rigurosamente para garantizar un entorno eléctrico seguro y eficiente.

La seguridad es la máxima prioridad y las regulaciones eléctricas definen cómo deben diseñarse, instalarse y mantenerse los sistemas eléctricos para minimizar los riesgos de arco eléctrico, incendios y otras amenazas relacionadas con la energía eléctrica. Esto incluye especificaciones detalladas para la selección de materiales, el dimensionamiento de conductores, la protección contra sobrecargas y cortocircuitos, entre otros aspectos. Cumplir con estas normativas es esencial para garantizar la seguridad de las personas en general.

Del mismo modo, la normativa local y estándares internacionales promueven la eficiencia energética. Esto implica establecer estándares para la operación de equipos eléctricos y sistemas que minimicen el desperdicio de energía. La normativa fomenta la adopción de tecnologías y prácticas que reduzcan el consumo de energía, lo que a su vez disminuye los costos operativos y contribuye a la sostenibilidad ambiental.

REGLAMENTO/NORMA/ESTANDAR	*DESCRIPCIÓN*
RETIE	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas
RETILAP	Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público
NTC 2050	Norma Técnica Colombiana
NTC 5001	Calidad de Potencia
CREG 070	Reglamento de Distribución de energía eléctrica
CREG 038	Código de Medida
CREG 015	Metodología, fórmulas tarifarias y otras disposiciones para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el SIN
NTG-02	Marco General Norma Urbana – ESSA
NTR-02	Redes Subterráneas de Media Tensión – Aspectos Eléctricos – ESSA
NTR-05	Redes Subterráneas de Media Tensión – Aspectos Civiles – ESSA
NTM-01	Acometidas de Media Tensión – ESSA
NTM-02	Acometidas de Baja Tensión – ESSA
RA8-030	Selección y conexión de equipos de medida de energía eléctrica – ESSA
NTM-03	Tableros y celdas de medida – ESSA
NTT-02	Transformador tipo pedestal/Pad Mounted – ESSA

NTE-05	Plantas de emergencia – ESSA
NT-01	Norma técnica Cálculo de Conductor Económico – ESSA
NT-06	Norma técnica Distancias de Seguridad en Redes de Distribución – ESSA
RA6-010	Norma Técnica para Sistemas de Puesta a Tierra – ESSA
IEEE 519	Practica recomendada para control de armónicos en sistemas eléctricos de potencia

Tabla 3. Normativa aplicable.

5. DISEÑO DETALLADO

5.1. ANÁLISIS Y CUADROS DE CARGA INICIALES Y FUTURAS, INCLUYE ANÁLISIS DE FACTOR DE POTENCIA Y ÁRMONICOS.

Para el análisis de las cargas, se tuvo en cuenta cada una de las luminarias, tomas y aires acondicionados que se utilizan actualmente y la carga proyectada para los aires acondicionados nuevos. Por lo cual, se realiza la selección de cada uno de los conductores teniendo en cuenta: Capacidad de corriente, Regulación de tensión y factores de corrección. La selección de las protecciones se efectúa de acuerdo a la corriente nominal del conductor diseñado para cada circuito.

La selección del conductor por corriente, se realiza teniendo en cuenta lo expresado en la sección 215.2 de la NTC 2050, donde se clasifica como cargas continuas y no continuas. Adicionalmente, se garantiza que los conductores tengan la capacidad de corriente mínima de un ciento veinticinco por ciento (125%) la corriente nominal de la carga.

La selección del conductor por regulación de tensión se realiza garantizando que la caída de tensión en el trayecto del conductor no supere el tres por ciento (3%) de acuerdo con lo estipulado en la Norma Técnica ESSA-NTM-01 Parámetros de Diseño, numeral 5.3.3 Constantes de regulación para los conductores. De igual manera, la norma técnica RA8 – 030 nos indica como seleccionar y conectar un equipo del sistema de energía.

Para el análisis de armónicos, se tiene que el STD IEEE 519 de 1992 indica las principales fuentes de armónicos en una instalación eléctrica:

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

- Convertidores
- Hornos de arco
- Compensadores de VAR estático.
- Inversores monofásicos.
- Inversores trifásicos.
- Controles de fase electrónicos.
- Cicloinvertidores.
- Variadores de modulación de ancho de pulso.

Debido a la naturaleza de la carga de este proyecto (Luminarias, Tomas y aires acondicionados), se concluye que los efectos provocados por armónicos son despreciables.

ACOMETIDA EN MEDIA TENSIÓN

Para la alimentación de las celdas de Media Tensión se utilizará una acometida trifásica con la siguiente configuración:

RUTA	*CONFIGURACIÓN*
Desde punto de conexión (red existente) hasta tren de celdas.	3F x 2 AWG Cable Cu XLPE MV 15kV 90°C Nivel de Aislamiento 133%
Desde tren de celdas hasta bornes de MT del transformador eléctrico de potencia.	3F x 2 AWG Cable Cu XLPE MV 15kV 90°C Nivel de Aislamiento 133%

Tabla 4. Acometidas Media Tensión.

ACOMETIDA EN BAJA TENSIÓN

Para la alimentación del Tablero General de Baja Tensión (TGBT) se utilizará una acometida trifásica con la siguiente configuración:

RUTA	*CONFIGURACIÓN*
Desde bornes de BT hasta tablero general de Baja tensión	5 x (3Fx750kcmil + 1Nx750kcmil) + 1Tx3/0 AWG Cable AL THHN/THWN-2 Rosh 600V SERIE 8000

Tabla 5. Acometidas Baja Tensión.

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

La carga diversificada de este proyecto se presenta a continuación:

CARGA DIVERSIFICADA					
	VA	Diversificacion	FP	VA	DESCRIPCION
Iluminacion	40000	100%	0,9	40000	Iluminacion al 100%
Tomas	10000	100%	0,9	10000	Primeros 10kVA al 100%
	35265	50%	0,9	17632,5	Resto 50%
Bombas	10000	100%	0,85	10000	Bombas 100%
Ascensor	4000	100%	0,85	4000	Ascensor 100%
Aires	250000	100%	0,9	250000	Aires 100%
Proyectada	100000	100%	0,9	100000	Nuevos Aires Acondicionados 100%
PI	349265	PD		431632,5	

Imagen 1. Cuadro de cargas.

Como se observa en el cuadro de cargas, la carga nominal estimada de este proyecto son aproximadamente 430 kVA. Sin embargo, con el fin asegurar el correcto funcionamiento de la instalación y pensando en futuras ampliaciones de carga, se aplica un factor de seguridad de 1.15 al valor nominal estipulado. Así, el proyecto cuenta con las siguientes características:

Demanda Máxima	*Factor de potencia*	*Distorsión Armónica*
500 kVA	0.9	>20%

Tabla 6. Características del proyecto.

5.2. *ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO.*

La coordinación de aislamiento eléctrico es la correlación de esfuerzos dieléctricos en los aislamientos de los distintos componentes de un sistema eléctrico de potencia.

5.2.1. *NIVELES DE AISLAMIENTO NORMALIZADOS PARA REDES DE MEDIA TENSIÓN*

Basados en la normatividad establecida por el operador de red ESSA tomamos los niveles de aislamiento normalizados para redes de media tensión, estos niveles de aislamiento deben

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

ser tomados como referencia para todos los equipos que formen parte del sistema de distribución.

TENSIÓN NOMINAL	*NIVEL DE AISLAMIENTO – BIL*
13.2 kV	110 kV
34.5 kV	200 kV

Tabla 7. Niveles de aislamiento normalizados.

Se debe tener en cuenta la distancia mínima de fuga de los aisladores empleados en la construcción de la línea de M.T.
El factor de corrección por densidad del aire:

$$\delta = e^{h/8150}$$

La variable "h" representa la altura sobre el nivel del mar. En esta ocasión, la altura se estima en 81 metros sobre el nivel del mar (msnm), considerando como punto de referencia la ciudad de Barrancabermeja, Santander.

$$\delta = e^{81/8150}$$
$$\delta = 1.001$$

Para efectos de la estimación de la distancia de fuga nominal mínima en base al grado de contaminación, nos referimos a la siguiente tabla, tomada de la norma IEC 815:

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

Nivel de Contaminación	Descripción del Ambiente	Distancia de fuga Nominal mínima (mm/kV⏚-⏚)
Ligero Nivel I	- Áreas sin industrias y con baja densidad de casas equipadas con calefacción. - Áreas con baja densidad de industrias o casas pero sujetas a frecuentes vientos o lluvia. - Áreas agrícolas - Áreas montañosas Todas las áreas situadas de 10 km a 20 km del mar y no expuestas a vientos directos provenientes del mar.	16
Medio Nivel II	- Áreas con industrias que no producen humo contaminante y/o con densidad moderada de casas equipadas con calefacción. - Áreas con alta densidad de casas pero sujetas a frecuentes vientos y/o lluvia. - Áreas expuestas a vientos del mar pero no cercanas a la costa (al menos varios kilómetros de distancia).	20
Alto Nivel III	- Áreas con alta densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con alta densidad de casas con calefacción que generen contaminación. - Áreas cercanas al mar o expuestas a vientos relativamente fuertes procedentes del mar.	25
Muy Alto Nivel IV	- Áreas generalmente de extensión moderada, sujetas a contaminantes conductivos, y humo industrial, que produzca depósitos espesos de contaminantes. - Áreas de extensión moderada, muy cercanas a la costa y expuestas a rocío del mar, o a vientos muy fuertes con contaminación procedentes del mar. - Áreas desérticas, caracterizadas por falta de lluvia durante largos períodos, expuesta a fuertes vientos que transporten arena y sal, y sujetas a condensación con regularidad.	31

Tabla 8. Distancia de fuga nominal - IEC 815

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	h	m.s.n.m	81
FACTOR DE CORRECIÓN POR DENSIDAD DEL AIRE	δ	N/A	1,001
VALOR EFICAZ DE TENSIÓN (Min)	V_{min}	kV	24
VALOR EFICAZ DE TENSIÓN (Max)	V_{max}	kV	35
DISTANCIA MINIMA DE FUGA	D_r	Mm/kV	16

Tabla 9. Características generales - Coordinación de aislamiento.

5.2.2. CARACTERISTICAS DE LOS AISLADORES EN MEDIA TENSIÓN (MT)

- *AISLADORES TIPO PIN DE PORCELANA HASTA 15kV*

  Las dimensiones de los aisladores, para tensiones nominales entre 7.2 kV y 15 kV se muestra en la imagen 2:

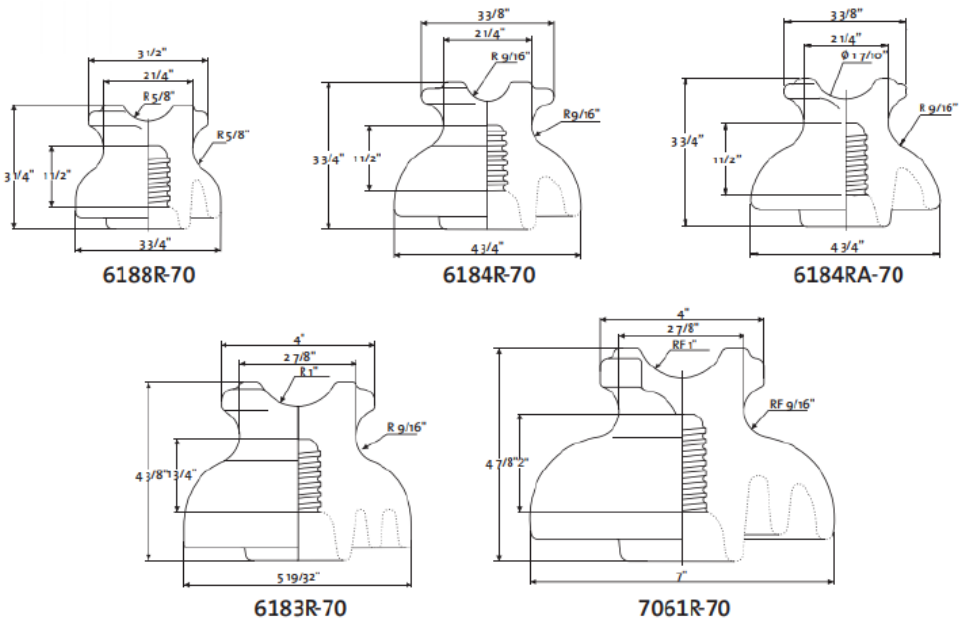


Imagen 2. Aisladores tipo pin de porcelana hasta 15kV.

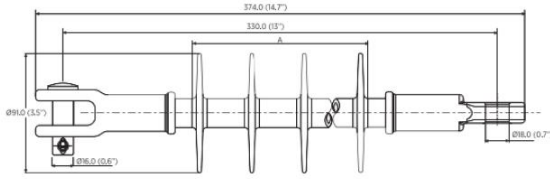
Los valores eléctricos, mecánicos y de radio influencia se muestran a continuación:

CATALOG NUMBER	6188R-70	6184R-70	6184RA-70	6183R-70	7061R-70
ANSI CLASS (C29.5-1984 rev. 2002)	55-2	55-3	55-3	55-4	55-5
CRITICAL DISTANCES, inches					
Dry arcing distance	3 3/8	4 1/2	4 1/2	5	6 1/4
Leakage distance	5	7	7	9	12
Minimum pin height	4	5	5	5	6
MECHANICAL VALUES, pounds					
Cantilever strength	2500	2500	2500	3000	3000
ELECTRICAL VALUES, kV					
Typical application voltage	7.2	11.5	11.5	13.2	15
Low-frequency dry flashover	45	55	55	65	80
Low-frequency wet flashover	25	30	30	35	45
Critical impulse flashover, positive	70	90	90	105	130
Critical impulse flashover, negative	85	110	110	130	150
Low-frequency puncture voltage	70	90	90	95	115
RADIO INFLUENCIA VOLTAGE DATA					
Low-frequency test voltage, RMS to ground, kV	5	10	10	10	15
Maximum RIV at 1000 kHz, µV	50	50	50	50	100

Tabla 10. Valores eléctricos, mecánicos y de radio influencia – Aisladores tipo pin de porcelana hasta 15kV.

- *AISLADORES DE SUSPENSIÓN POLIMÉRICOS 15kV*

  Las dimensiones de los aisladores, para tensiones nominales de 15kV, 25kV y 35kV se muestra en la imagen 3:



NÚMERO DE CATÁLOGO	PS0150011
Clase ANSI (C29.13-2000)	DS-15
IEC	61109
DISTANCIAS CRÍTICAS, mm	
Distancia de arco	190
Distancia de fuga	410
VALORES MECÁNICOS	
Carga mecánica nominal (SML) lb (kN)	15,736 (70)
Carga mecánica de rutina (R TL) lb (kN)	7,868 (35)
Carga mecánica a la torsión, lb .ft (N.m)	35 (47)
VALORES ELÉCTRICOS, kV	
Voltaje típico de aplicación	15
Flameo de baja frecuencia en seco	95
Flameo de baja frecuencia en húmedo	85
Flameo crítico al impulso positivo	145
Nivel básico de aislamiento, NBA	140
RADIO INFLUENCIA	
Voltaje de prueba, kV	15
RIV máximo a 1,000 kHz, µV	<10
DIMENSIONES SEGÚN ESQUEMA	
Número de campanas, A	4

Imagen 3. Aisladores de suspensión poliméricos hasta 35kV.

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

5.2.3. *AISLAMIENTO PARA LINEA DE 13.2 kV*

La distancia total de fuga D_t se calcula con la ecuación 1.

$$D_t = \frac{V_{max}}{\sqrt{3}} * D_f * \delta$$

Ecuación 1. Distancia total de fuga.

$$D_t = \frac{15}{\sqrt{3}} * 16 * 1{,}001$$

$$D_t = 138{,}70\ mm$$

Para el caso de los aisladores de porcelana de 13.2 kV (ANSI 55-4), estos tienen una distancia de fuga de 228,6 mm. Por lo tanto, el número de aisladores se calcula en base a la ecuación 2:

$$Numero\ de\ aisladores = \frac{Distancia\ total\ de\ fuga}{Distancia\ de\ fuga\ de\ cada\ aislador}$$

Ecuación 2. Numero de aisladores.

$$Numero\ de\ aisladores = \frac{138{,}70}{228.6}$$

$$Numero\ de\ aisladores = 0.60$$

Lo anterior confirma la correcta coordinación para el aislador de porcelana ANSI 50-4.

Para el caso de los aisladores poliméricos de suspensión de 15kV, estos tienen una distancia de fuga de 410mm. Por lo tanto, el número de aisladores según la ecuación 2 es:

$$Numero\ de\ aisladores = \frac{138{,}70}{410}$$

$$Numero\ de\ aisladores = 0.33$$

Lo anterior confirma la correcta coordinación para el aislador polimérico de suspensión.

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

5.3. ANÁLISIS DE CORTOCIRCUITO Y FALLA A TIERRA.

Para el cálculo de cortocircuito es necesaria la capacidad de cortocircuito del punto de conexión dado por el Operador de Red (ESSA).

Los datos de corriente de cortocircuito entregados por el operador de red en el punto de conexión se presentan a continuación:

SE		*SE Buenos Aires 2 13.8 kV*	*CTO 58 521 AP 6840116*
CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO	*Sk [MVA]*	210.5	121.1
	Ik [kA]	8.80	5.067
	R/X	0.091	0.55
CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO	*Sk [MVA]*	79.1	31.2
	Ik [kA]	9.923	3.917
	X0/X1	0.667	1.583
	R0	0	1.1904
	X0	0.6668	2.3505
	R0/X0	0	0.02987

Tabla 11. Información de cortocircuito en punto de conexión - ESSA

La simulación se realiza con ayuda de un software especializado (ETAP) y se presenta la simulación del estudio de cortocircuito en el anexo 1.

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

5.4. ANÁLISIS DE NIVEL DE RIESGO POR RAYOS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS.

El Sistema de distribución de energía eléctrica utilizado para energizar este proyecto cuenta con sistema de protección y puesta a tierra adecuado para reducir los riesgos asociados a rayos.

Sin embargo, el análisis de riesgos atmosféricos se efectúa en base a la NTC 4552-2 y la IEC 62305-2 con ayuda del software Excel y una plantilla desarrollada por Segelectrica se realiza dicho análisis.

Los parámetros de entrada se muestran en las siguientes imágenes:

PROYECTO:	Palacio De Justicia	
DIMENSIONES DE LA ESTRUCTURA A PROTEGER		
Largo de la estructura **L** (m)	85	
Ancho de la estructura **W** (m)	27	
Altura máxima de la estructura **H** (m)	12	
Marque si la estructura posee parte sobresaliente.	☐	Ejemplo de dimensiones de estructura
Altura máxima de la estructura **Hp** (m)	12	
Densidad de rayos a tierra (Rayos/km²-año) **DDT**	7	DDT
CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO		
Seleccione la localizacion de la estructura a ser protegida.		Rodeado de objetos o árboles de igual altu
Ambiente donde están las acometidas de la estructura.		Urbano con edificaciones altas (más de 20 r
Selecione el tipo de suelo en el **interior** de la estructura		Mármol, cerámica.
Selecione el tipo de suelo en el **exterior** de la estructura		Prado, concreto.

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

CARACTERÍSTICAS DE LAS ACOMETIDAS DE SERVICIOS

ACOMETIDA DE POTENCIA

Marque si la estructura a proteger tiene una estructura adyacente de donde proviene la acometida de potencia	☑	Ejemplo de estructura adyacente
Longitud de la estructura adyacente **La** (m)	1	
Ancho de la estructura adyacente **Wa** (m)	1	
Altura de la estructura adyacente **Ha** (m)	12	
Seleccione la localizacion de la estructura adyacente	Rodeado de objetos o árboles más altos	
Seleccione el tipo de acometida	Acometida Subterranea	
Altura de los conductores de potencia desde el nivel de la tierra **Hc** (m)	0	
Seleccione la localizacion de la acometida de servicio	Rodeado de objetos o árboles más altos	
Ingrese la longitud de la acometida de servicio (m)	37	
Transformador AT/BT en la acometida	Acometida con Transformador	
Ingrese la resistividad del suelo **ρ** (Ωm)	100	

ACCIONES PREVENTIVAS FRENTE AL RIESGO POR RAYO

Medidas tomadas frente a tensiones de paso y contacto.	Sin medidas de protección	☑
	Aislamiento eléctrico de bajantes expuestas	☐
	Equipotencialización efectiva a nivel del suelo	☐
	Avisos de advertencia	☐
	Refuerzos estructurales como bajantes o restricciones físicas	☐

Selecione el nivel de protección de la estructura	Estructura no protegida
Seleccione el sistema de protección interno adoptado en el edificio.	Sin sistema de protección interno
Si la estructura a proteger posee paredes y techos metálicos con un espesor entre 0,1 mm y 0,5 mm marque la casilla.	☐
Tamaño de la cuadrícula para apantallamientos localizados, distancia entre bajantes o distancia entre columnas si se utiliza un sistema natural **w** (m).	0
Tipo de cableado interno	Sin apantallamiento y pequeños lazos inductivos (misma canalización sin entorchar
Marque la casilla si la pantalla del cable esta conectada a la misma barra equipotencial a la cual esta conectado el equipo.	☑

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

Tipo de canalización	○ Metálica puetas a tierra en ambos extremos ◉ Metálica no puesta a tierra o en un solo extremo ○ No Metálica
Ingrese el menor valor de tensión soportable al impulso tipo rayo en voltios, del sistema a proteger (BIL equipos) **Uw**	1000
Marque la casilla si existe equipotencialización de las estructuras metálicas, sistemas internos, partes conductoras externas, acometidas de servicio y lineas conectadas a la estructura a proteger	☐

EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS

PÉRDIDAS DE VIDAS HUMANAS

Seleccione el uso de la estructura.	Instalaciones de atención médica, hoteles, e
Marque si pueden haber personas expuestas a tensiones de paso y de contacto dentro de la estructura, fuera de la estructura o en ambas ubicaciones.	☑ Dentro de la estructura ☑ Fuera de la estructura
Pérdidas por sobretensiones en instalaciones con sistemas eléctricos críticos.	Sistemas eléctricos o electrónicos no crítico
Selecione el riesgo por fuego en la estructura.	Mínimo

Selecione la medida de prevención para reducir las consecuencias por fuego.

Sin medida de prevención

Selecione la situación especial de peligro.

Nivel medio de pánico (edificaciones para eventos culturales o deportivos, de 100 a 1000 personas)

PÉRDIDA DE SERVICIOS ESCENCIALES

Selecione el tipo de servicio público que no se debería perder.	No existen servicios escenciales

PÉRDIDA DE HERENCIA CULTURAL IRREEMPLAZABLE

Seleccione si existe herencia cultural irreemplazable en la edificiación.	☐

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

607 617 7321
316 024 4149
Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505
www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com

EVALUACIÓN DE RIESGO DE LA ESTRUCTURA	
PROYECTO:	Palacio De Justicia

RIESGO DE PÉRDIDA DE VIDAS HUMANAS	RIESGO DE PÉRDIDA DEL SERVICIO PÚBLICO	RIESGO DE PÉRDIDA DEL PATRIMONIO CULTURAL	
R_1	R_2	R_3	VALORES DE RIESGO CALCULADO
5,0525E-06	0,00E+00	0,00E+00	
R_1	R_2	R_3	VALORES DE RIESGO TOLERABLE
1,0000000E-05	1,00E-03	1,00E-03	
R_1	R_2	R_3	CONTROL DEL RIESGO
OK!!! RIESGO CONTROLADO	OK!!! RIESGO CONTROLADO	OK!!! RIESGO CONTROLADO	

Para mayor seguridad, es necesario implementar un sistema de protección interno.

Para la protección interior se proyectan descargadores de sobretensión (DPS) en Tablero General de Baja Tensión (TGBT).

Determinación de la tensión de línea a tierra – MCOV (ANSI) o Uc (IEC):

$$V_{L-T} = \frac{V_{L-L}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{L-T} = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127\ [V]$$

El MCOV ó Uc es la tensión máxima RMS a frecuencia industrial y de servicio continuo, que se puede aplicar a los bornes del DPS y se determina mediante la siguiente ecuación:

$$MCOV\ \text{ó}\ Uc\ \geq\ 1.1 * V_{L-T}$$

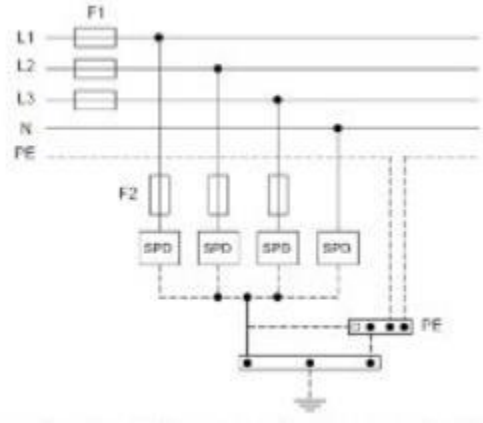
SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

Donde:

- MCOV ó Uc: Tensión máxima de servicio continuo del DPS [kV].
- U_{max}: Tensión entre fases de la red considerando la regulación (5% - ANSI y 10% - IEC)
- K_e: Coeficiente de falla a tierra de la red, típicamente 1,4 para redes con neutro sólidamente puesto a tierra y 1,7 para redes con neutro aislado o puesto a tierra a través de impedancia.

$$MCOV \text{ ó } Uc \geq 1.1 * 127 \geq 140\ [V]$$

Se selecciona DPS de baja tensión con tensión nominal 127/220 V y MCOV de 150 [V] conectados en MODO COMÚN (IEC 61643-12).



Para la corriente nominal de descarga por fase de los DPS, se considera el nivel de protección IV de la estructura y se determina en base a la tabla E.4 de la NTC 4552-1.

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

Nivel de Protección	Onda de prueba	
	DPS con onda de prueba 10/350 µs	DPS con onda de prueba 8/20 µs
IV	2 kA	20 kA
III	5 kA	50 kA
II	12,5 kA	125 kA
I	≥12,5 kA *	≥125 kA *
* Por acuerdo entre cliente y proveedor NOTA E.5. Los valores de la tabla son aplicables por cada conductor activo en el punto de conexión de la acometida (véase la NTC 2050) NOTA E.6. Véase IEEE C 62.41-2:2002		

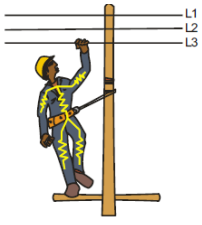
Se establece una corriente de descarga nominal de 20 [kA] para una onda de 8/20 µs ó de 2 [kA] para una onda de 10/350 µs.

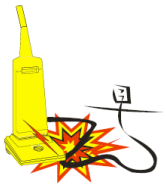
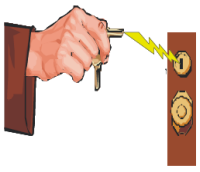
5.5. ANÁLISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELÉCTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS.

5.5.1. FACTORES DE RIESGO MAS COMUNES

Según el RETIE, por regla general todas las instalaciones eléctricas tienen implícito un riesgo y ante la dificultad de controlarlos todos en forma permanente, se seleccionaron algunos factores, que al no tenerlos presentes ocasionan la mayor cantidad de accidentes.

En la tabla 2 se ilustran algunos de los factores de riesgo eléctrico más comunes, sus posibles causas y algunas medidas de protección.

	***ARCOS ELÉCTRICOS*** **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. **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.
	***AUSENCIA DE ELECTRICIDAD (EN DETERMINADOS CASOS)*** **POSIBLES CAUSAS:** Apagón o corte del servicio, no disponer de un sistema ininterrumpido de potencia - UPS, no tener plantas de emergencia, no tener transferencia. Por ejemplo: Lugares donde se exijan plantas de emergencia como hospitales y aeropuertos. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Disponer de sistemas ininterrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática.
	***CONTACTO DIRECTO*** **POSIBLES CAUSAS**: Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad. **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 aislamiento.

	***CONTACTO INDIRECTO*** **POSIBLES CAUSAS:** Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra. **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.
	***CORTOCIRCUITO*** **POSIBLES CAUSAS:** Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos defectuosos. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.
	***ELECTRICIDAD ESTÁTICA*** **POSIBLES CAUSAS:** Unión y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente, eliminadores eléctricos y radiactivos, pisos conductivos.
	***EQUIPO DEFECTUOSO*** **POSIBLES CAUSAS:** Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

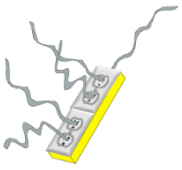
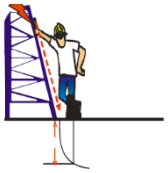
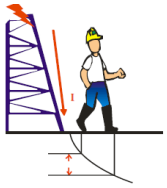
	***RAYOS*** **POSIBLES CAUSAS:** Fallas en: el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Pararrayos, bajantes, puestas a tierra, equipotencialización, apantallamientos, topología de cableados. Además, suspender actividades de alto riesgo, cuando se tenga personal al aire libre.
	***SOBRECARGA*** **POSIBLES CAUSAS:** Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armónicos, no controlar el factor de potencia. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Uso de Interruptores automáticos con relés de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con cortacircuitos, cortacircuitos, fusibles bien dimensionados, dimensionamiento técnico de conductores y equipos, compensación de energía reactiva con banco de condensadores.
	***TENSIÓN DE CONTACTO*** **POSIBLES CAUSAS:** Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.
	***TENSIÓN DE PASO*** **POSIBLES CAUSAS:** Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas, retardo en el despeje de la falla. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.

Tabla 12. Factores de riesgo eléctrico más comunes.

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

5.5.2. MATRIZ DE ANÁLISIS DE RIESGOS

Con el fin de evaluar el nivel o grado de riesgo de tipo eléctrico, se aplica la siguiente matriz para la toma de decisiones. La metodología a seguir en un caso particular, es la siguiente:

a.) Definir el factor de riesgo que se requiere evaluar o categorizar.
b.) Definir si el factor de riesgo es potencial o real.
c.) Determinar las consecuencias para las personas, económicas, ambientales y de imagen de la empresa. Estimar dependiendo del caso particular que se analiza.
d.) Buscar el punto cruce dentro de la matriz correspondiente a la consecuencia (1, 2, 3, 4, 5) y a la frecuencia determinada (a, b, c, d, e); Esa será la valoración del riesgo para cada clase.
e.) Repetir el proceso para la siguiente clase hasta que cubra todas las posibles pérdidas.
f.) Tomar el caso más crítico de los cuatro puntos de cruce, el cual será la categoría o nivel del riesgo.
g.) Tomar las decisiones o acciones, según lo indicado en la siguiente tabla.

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	Inadmisible para trabajar: Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimiento alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	Minimizarlo. Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar como se va a controlar el riesgo, aislar 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 lider a cargo del trabajo.
	Medio	Aceptarlo. 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.
	Bajo	Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: - ¿Qué puede salir mal o fallar? - ¿Qué causar que algo salga mal o falle? - ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios.	No afecta la secuencia de las actividades.

Imagen 4. Decisiones y acciones para controlar el riesgo.

5.5.2.1. RIESGO POR CORTOCIRCUITO

RIESGO A EVALUAR:	Daños físicos	por	Contacto indirecto	(al) o (en)	Instalación y/o equipos
	EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras)		FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco eléctrico)		FUENTE (Ej: Celda de 13,8 kV)

POTENCIAL _X_ REAL ___

CONSECUENCIAS	EN PERSONAS	ECONÓMICAS	AMBIENTALES	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA		FRECUENCIA E: No ha ocurrido en el sector	D: Ha ocurrido en el sector	C: Ha ocurrido en la empresa	B: Sucede varias veces al año en la empresa	A: 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 severos. 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

EVALUADOR: DEIBY BOHORQUEZ T. MP: SN205 - 158064 FECHA: sep-23

Imagen 5. Matriz de riesgo - Cortocircuitos.

Medidas para mitigación:

- Conexión de puesta a tierra y conexiones equipotenciales.
- Coordinación de protecciones.
- Uso de EPP en maniobras.
- Elaboración de ATS y permisos de trabajo.

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

5.5.2.2. RIESGO POR CONTACTO INDIRECTO

RIESGO A EVALUAR:	Daños físicos	por	Contacto indirecto	(al) o (en)	Instalación y/o equipos
	EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras)		FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco eléctrico)		FUENTE (Ej: Celda de 13,8 kV)

POTENCIAL _X_ REAL ___

CONSECUENCIAS	EN PERSONAS	ECONÓMICAS	AMBIENTALES	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA		FRECUENCIA E: No ha ocurrido en el sector	D: Ha ocurrido en el sector	C: Ha ocurrido en la empresa	B: Sucede varias veces al año en la empresa	A: Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o mas 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 severos. 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

EVALUADOR: DEIBY BOHORQUEZ T. MP: SN205 - 158064 FECHA: sep-23

Imagen 6. Matriz de riesgos - Contacto indirecto.

Medidas para mitigación:

- Conexión de puesta a tierra y conexiones equipotenciales.
- Marcación de bajantes SIPRA.
- Verificación de tensiones transferidas.
- Señalización adecuada en tableros eléctricos a fin de persuadir al personal de acceder a ellos.

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

5.5.2.3. RIESGO POR CONTACTO DIRECTO

RIESGO A EVALUAR:	Daños físicos EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras)	por	Contacto indirecto FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco eléctrico)	(al) o (en)	Instalación y/o equipos FUENTE (Ej: Celda de 13,8 kV)

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 mas 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 severos. 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

EVALUADOR:	DEIBY BOHORQUEZ T.	MP:	SN205 - 158064	FECHA:	sep-23

Imagen 7. Matriz de riesgos - Contacto directo.

Medidas para mitigación:

- Uso adecuado de EPP en la instalación y maniobras.
- Elaboración y comprobación de ATS y expedición de permisos de trabajo.
- Verificación y cumplimiento de las distancias de seguridad.
- Manipulación por personal competente.

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

5.5.2.4. RIESGO POR ARCO ELÉCTRICO

RIESGO A EVALUAR:	Electrocución o quemaduras (EVENTO O EFECTO, Ej: Quemaduras)	por	Arco eléctrico (FACTOR DE RIESGO (CAUSA), Ej: Arco eléctrico)	(al) o (en)	Instalación y/o equipos (FUENTE, Ej: Celda de 13,8 kV)

POTENCIAL _X_ REAL ___

CONSECUENCIAS	EN PERSONAS	ECONÓMICAS	AMBIENTALES	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA		FRECUENCIA E: No ha ocurrido en el sector	D: Ha ocurrido en el sector	C: Ha ocurrido en la empresa	B: Sucede varias veces al año en la empresa	A: Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o mas 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 severos. 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

EVALUADOR: DEIBY BOHORQUEZ T. MP: SN205 - 158064 FECHA: sep-23

Imagen 8. Matriz de riesgos - Arco eléctrico.

Medidas de mitigación:

- Uso adecuado de EPP en la instalación y maniobras.
- Elaboración y comprobación de ATS y expedición de permisos de trabajo.
- Verificación de aislamiento, apertura y cierre en vacío.
- Manipulación por personal competente.

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

5.5.2.5. RIESGO POR ELECTRICIDAD ESTÁTICA

RIESGO A EVALUAR:	Electrocución o quemaduras (EVENTO O EFECTO, Ej: Quemaduras)	por	Electricidad estática (FACTOR DE RIESGO (CAUSA), Ej: Arco eléctrico)	(al) o (en)	Instalación y/o equipos (FUENTE, Ej: Celda de 13,8 kV)

POTENCIAL _X_ REAL ___

CONSECUENCIAS	EN PERSONAS	ECONÓMICAS	AMBIENTALES	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA		FRECUENCIA E: No ha ocurrido en el sector	D: Ha ocurrido en el sector	C: Ha ocurrido en la empresa	B: Sucede varias veces al año en la empresa	A: Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o mas 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 severos. 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

EVALUADOR: DEIBY BOHORQUEZ T. MP: SN205 - 158064 FECHA: sep-23

Imagen 9. Matriz de riesgos - Electricidad estática.

Medidas de mitigación:

- Conexión de puestas a tierra y conexiones equipotenciales.
- Uso de humidificadores.
- Malla de alta frecuencia para equipo sensible.

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

5.5.2.6. RIESGO POR SOBRECARGA

RIESGO A EVALUAR:	Daños físicos y/o materiales	por	Sobrecarga	(al) o (en)	Instalación y/o equipos
	EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras)		FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco eléctrico)		FUENTE (Ej: Celda de 13,8 kV)

POTENCIAL _X_ REAL ___

CONSECUENCIAS	EN PERSONAS	ECONÓMICAS	AMBIENTALES	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA		FRECUENCIA E: No ha ocurrido en el sector	D: Ha ocurrido en el sector	C: Ha ocurrido en la empresa	B: Sucede varias veces al año en la empresa	A: Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o mas 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 severos. 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

EVALUADOR: DEIBY BOHORQUEZ T. MP: SN205 - 158064 FECHA: sep-23

Imagen 10. Matriz de riesgos - Sobrecarga.

Medidas de mitigación:

- Coordinación de protecciones.
- Verificación de conductores.
- Uso de EPP durante maniobras.
- Elaboración de ATS y permisos de trabajo.
- Sistema de detección, alarma y extinción de incendios.

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

5.5.2.7. RIESGO POR EQUIPOS DEFECTUOSOS

RIESGO A EVALUAR:	Daños físicos y/o materiales (EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras))	por	Equipo defectuoso (FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco eléctrico))	(al) o (en)	Instalación y/o equipos (FUENTE (Ej: Celda de 13,8 kV))

POTENCIAL _X_ REAL ___

CONSECUENCIAS	EN PERSONAS	ECONÓMICAS	AMBIENTALES	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA		FRECUENCIA E: No ha ocurrido en el sector	D: Ha ocurrido en el sector	C: Ha ocurrido en la empresa	B: Sucede varias veces al año en la empresa	A: Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o mas 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 severos. 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

EVALUADOR:	DEIBY BOHORQUEZ T.	MP:	SN205 - 158064	FECHA:	sep-23

Imagen 11. Matriz de riesgos - Equipos defectuosos.

Medida de mitigación:

- Instalación de dispositivos y materiales adecuados para el punto de conexión, certificados y con protocolos.
- Buenas prácticas constructivas.
- Todos los equipos y materiales utilizados deben cumplir con el RETIE.

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

5.5.2.8. RIESGO POR TENSIÓN DE CONTACTO

RIESGO A EVALUAR:	Electrocución (EVENTO O EFECTO, Ej: Quemaduras)	por	Tensión de contacto (FACTOR DE RIESGO (CAUSA), Ej: Arco eléctrico)	(al) o (en)	Instalación y/o equipos (FUENTE, Ej: Celda de 13,8 kV)

POTENCIAL _X_ REAL ___

CONSECUENCIAS	EN PERSONAS	ECONÓMICAS	AMBIENTALES	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA		FRECUENCIA E: No ha ocurrido en el sector	D: Ha ocurrido en el sector	C: Ha ocurrido en la empresa	B: Sucede varias veces al año en la empresa	A: Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o mas 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 severos. 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

EVALUADOR: DEIBY BOHORQUEZ T. MP: SN205 - 158064 FECHA: sep-23

Imagen 12. Matriz de riesgos - Tensión de contacto.

Medidas de mitigación:

- Conexión de puesta a tierra y conexiones equipotenciales.
- Uso de EPP en maniobras.
- Elaboración de ATS y permisos de trabajo.
- Verificación de umbrales de soportabilidad.
- Cerramiento de zonas con alto riesgo por contacto directo.

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

5.5.2.9. *RIESGO POR TENSIÓN DE PASO*

RIESGO A EVALUAR:	Electrocución (EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras))	por	Tensión de paso (FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco eléctrico))	(al) o (en)	Instalación y/o equipos (FUENTE (Ej: Celda de 13,8 kV))

POTENCIAL _X_ REAL ___

CONSECUENCIAS	EN PERSONAS	ECONÓMICAS	AMBIENTALES	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA		FRECUENCIA E: No ha ocurrido en el sector	D: Ha ocurrido en el sector	C: Ha ocurrido en la empresa	B: Sucede varias veces al año en la empresa	A: Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una ó mas 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 severos. 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

EVALUADOR: DEIBY BOHORQUEZ T. MP: SN205 - 158064 FECHA: sep-23

Imagen 13. Matriz de riesgos - Tensión de paso.

Medidas de mitigación:

- Conexión de puesta a tierra y conexiones equipotenciales.
- Uso de EPP en maniobras.
- Elaboración de ATS y permisos de trabajo.
- Verificación de umbrales de soportabilidad.
- Cerramiento de zonas con alto riesgo por contacto directo.

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

5.6. ANÁLISIS DE NIVEL DE TENSIÓN.

Los niveles de tensión se clasifican de acuerdo con la norma NTC 1340 Tabla 2 – Clasificación, denominación y valores de la tensión nominal. El nivel de tensión del sistema, de acuerdo con la aplicación final es media tensión (MT) en bornes primarios del transformador y baja tensión (BT) en bornes secundarios del transformador.

Para el presente proyecto, el nivel de tensión requerido por baja tensión (BT) es NIVEL 1 (Baja Tensión) con un sistema trifásico de cuatro (4) hilos y una tensión de 127/220V. Para media tensión o primario del transformador se requiere un NIVEL 2 y 3 impuesto por el punto de conexión.

La relación nominal en vacío del transformador será 13.2 kV/220-127V.

5.7. CALCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS.

Este análisis no aplica debido a que el presente proyecto no contempla el diseño de líneas y/o subestaciones con tensiones superiores a 57.5 kV y no se encuentra aledaño a zona de servidumbre de líneas de transmisión de 110 kV. Sin embargo, la densidad de flujo magnético se debe medir sobre bandejas portacables, buses de barras y otros cables que estén ubicados hasta 30cm de lugares de trabajo o de permanencia de personas como mecanismo de comprobación.

5.8. CALCULO DEL TRANSFORMADOR.

Para el cálculo del transformador se consideran: El cuadro de cargas (ver Imagen 1), los efectos del contenido armónico y el factor de potencia de la carga, de acuerdo con las fichas técnicas y valores normalizados.

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

CÁLCULO DEL TRANSFORMADOR				
NORMA ESSA SECCIONES 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3				
DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACIÓN	D. MÁXIMA	FACTOR DE DIVERSIDAD	D. MAX DIVERSIFICADA
		kVA		kVA
Tablero General de Baja tensión	TGBT	430	1	430

Tabla 13. Cálculo del transformador.

Teniendo en cuenta el cuadro de cargas presentado en la imagen 1, la proyección de cargas y la experiencia, se propone un transformador de 500 KVA ONAN.

El factor K se define como un factor opcional que puede ser utilizado en transformadores e indica la capacidad que tiene un transformador para manejar corrientes no sinusoidales (IEEE 1998). El factor K se puede determinar según la ecuación 4:

$$Favtor\ K = \sum_{h=1}^{\infty} I_h(p.u.)^2 * h^2$$

Donde:

- I_h: Corriente RMS para la harmónica de orden h.
- h: Orden de la componente armónica.

En base a la carga a alimentar, se han estimado los factores K de los transformadores:

Tipo de carga	Factor *K*
Lámparas incandescentes (sin *dimmers* de estado sólido), calefactores eléctricos resistivos (sin controles de calor de estado sólido), motores (sin controladores de estado sólido), transformadores de control, dispositivos electromagnéticos de control, motor generador (sin controladores de estado sólido).	*K*-1
Lámparas de descarga, UPS con filtros de entrada opcional, equipos de calefacción inductivos, PLC y controladores de estado solido	*K*-4
Equipos de telecomunicaciones, UPS sin filtros de entrada.	*K*-13
Servidores de computadores, controladores de estado sólido (variadores de frecuencia), conectores multiconductor para instalaciones de salud, escuelas, etc., conectores multiconductor para alimentadores en equipos de inspección o prueba o para líneas de producción.	*K*-20
Conectores multiconductor para circuitos industriales, médicos y laboratorios educacionales, conectores multiconductor para circuitos comerciales en oficinas, pequeños servidores.	*K*-30
Otras cargas identificadas como productores de grandes cantidades de armónicos.	*K*-40

Tabla 14. Factor K - Transformadores.

Teniendo en cuenta las cargas presentes en el proyecto se recomienda el uso de un transformador con factor K-1.

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

A continuación, se presentan las especificaciones técnicas del transformador eléctrico de potencia escogido:

TRANSFORMADOR SELECCIONADO	
FABRICANTE	TESLA
TIPO	PEDESTAL RADIAL
POTENCIA [kVA]	500
TENSIÓN PRIMARIA [V]	13200
TENSIÓN SECUNDARIA [V]	220-127
FASES	3
MONTAJE	EXTERIOR
FRECUENCIA [Hz]	60
GRUPO DE CONEXIÓN	Dyn5
CAMBIO DE TAPS	(+1-3) x 2.5%
CALENTAMIENTO DE DEVANADO [°C]	65
BIL [Kv]	95/30
REFRIGERACIÓN	ONAN/KNAN
CLASE DE AISLAMIENTO	Ao
LIQUIDO AISLANTE	ACEITE MINERAL/VEGETAL

Tabla 15. Transformador seleccionado.

De igual manera, se eligen las celdas de media tensión requeridas para el funcionamiento correcto y seguro de la instalación eléctrica.

Una celda de media tensión es un dispositivo que se encarga de recibir, controlar, proteger y distribuir la energía eléctrica en media tensión. Implementar estas celdas nos permite tener una instalación eléctrica segura, fiable, eficiente y flexible.

Para este proyecto se utilizarán las siguientes celdas:

- CELDA DE ENTRADA: Este modulo tiene la función de conectar la acometida que llega a las celdas con las barras de estas.

- CELDA DE MEDIDA: Esta celda se utiliza para la medición de energía. Aquí, se alojarán los equipos del sistema de medición: Medidores, CTs y PTs.

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

- CELDA DE PROTECCIÓN: Esta celda tiene como función proteger al transformador de potencia mediante el uso de fusibles.

- CELDA DE SECCIONAMIENTO: Esta celda tiene como función aislar el transformador de potencia del sistema eléctrico, permitiendo realizar trabajos que requieran intervención como mantenimiento o reparación sin afectar el resto del sistema.

Las especificaciones técnicas de las celdas de media tensión y la información detallada del transformador eléctrico de potencia se pueden consultar en las fichas técnicas de los equipos escogidos en los Anexo 2 y 3.

5.9. CALCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

La norma técnica RA6-010 de EPM y el Estándar IEEE 80 determinan los requisitos básicos de un sistema de puesta a tierra que garantice la seguridad para las personas, la protección de las instalaciones y la compatibilidad electromagnética de acuerdo con las exigencias establecidas por el RETIE.

5.9.1. *MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD DEL TERRENO Y MODELAMIENTO DEL SUELO*

La resistividad del terreno es un dato de entrada para el cálculo de un Sistema de Puesta a Tierra (SPT). Para objeto de estas memorias de cálculo, se tiene:

- Resistividad superficial (Grava): 10000 [Ω/m]
- Resistividad: 28 [Ω/m]
- Espesor de capa superficial: 0.15 [m]

La resistividad superficial corresponde a la resistividad de 15cm de grava que se deben colocar en la superficie del terreno con el fin de mitigar las tensiones de paso y contacto.

Esta medida de resistividad del terreno se debe corroborar en campo en el momento de la construcción. En caso de no se igual, se debe ajustar y calcular de nuevo los valores de la malla del sistema de puesta a tierra.

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

5.9.2. *RESISTENCIA DEL CUERPO HUMANO*

En sistemas de corriente alterna, el cuerpo humano se puede modelar como una resistencia. La resistencia que ofrece el cuerpo de una persona al paso de la corriente a tierra varía de acuerdo con la constitución de la persona expuesta al evento y otros factores.

En general se ha estimado que la resistencia que ofrece una persona promedio a la conducción de corriente a tierra (considerando caminos de mano a pie y de pie a pie) se puede aproximar a:

$$R_B = 1000\ [\Omega]$$

5.9.3. *CORRIENTE EFECTIVA DE FALLA*

Los Sistemas de Puesta a Tierra (SPT) deben disipar corrientes de dos fuentes: La corriente de fallas propias del sistema eléctrico y la corriente generada por descargas eléctricas atmosféricas.

La magnitud de la corriente a tierra en caso de falla varía de acuerdo con la topología de la red estudiada, sin embargo, el SPT se debe diseñar para mantener los valores de las tensiones de paso y de contacto dentro de los límites tolerables conforme lo estipulado en el RETIE.

En el caso de las corrientes originadas por descargas eléctricas atmosféricas, debido a la característica transitoria del fenómeno, se debe garantizar un camino continuo de baja impedancia a tierra por medio de un sistema que térmicamente soporte las condiciones del impulso atmosférico.

La corriente de falla es un parámetro de diseño predefinido que debe ser entregada por el operador de red. La corriente de cortocircuito en el punto de conexión para este caso:

$$I_f = 20\ [kA]$$

$$t_s = 0.15\ [seg]$$

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

5.9.4. *TENSIONES DE PASO Y CONTACTO TOLERABLES POR EL CUERPO HUMANO*

El SPT tiene como parte de sus objetivos proteger a las personas de tensiones potencialmente peligrosas.

Una primera condición de riesgo está asociada con la tensión de contacto que tiene lugar cuando una persona entra en contacto con una estructura puesta a tierra durante el despeje de una falla a tierra.

Otra condición de riesgo está asociada con la tensión de paso que se presenta cuando una persona está de pie en las proximidades del sistema de puesta a tierra durante el despeje de una falla a tierra.

Las tensiones transferidas es un fenómeno que se presenta durante fallas eléctricas, que involucran altos niveles de corriente que circula a tierra, sometiendo las estructuras puestas a tierra a una tensión eléctrica por encima de su condición de operación normal, producto de la energía transferida que se disipa durante la falla.

Esta condición se convierte en un riesgo para los seres humanos que se encuentren en contacto con la instalación puesta a tierra, ya que puede exceder los niveles de tensión tolerable.

En esta condición no siempre es evidente el riesgo, puesto que se trata de potenciales que se reflejan en puntos distantes al sitio de ocurrencia de la falla, debido a la transferencia del GPR a través de un medio conductor.

Con las siguientes ecuaciones se obtienen las tensiones de paso y contacto tolerables para una persona de 50kg y 70kg:

$$E_{contacto_50kg} = \frac{0.116}{\sqrt{t_s}}(1000 + 1.5C_s\rho_s)$$

Ecuación 3. Tensión de contacto tolerable para una persona de 50kg.

$$E_{contacto_70kg} = \frac{0.157}{\sqrt{t_s}}(1000 + 1.5C_s\rho_s)$$

Ecuación 4. Tensión de contacto tolerable para una persona de 70kg.

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

$$E_{paso_50kg} = \frac{0.116}{\sqrt{t_s}}(1000 + 6C_s\rho_s)$$

Ecuación 5. Tensión de paso tolerable para una persona de 50kg.

$$E_{paso_70kg} = \frac{0.157}{\sqrt{t_s}}(1000 + 6C_s\rho_s)$$

Ecuación 6. Tensión de paso tolerable para una persona de 70kg.

Donde:

- $C_s = 1 - \frac{0.09\left(1-\frac{\rho}{\rho_s}\right)}{2h_s+0.09}$

- ρ: Es la resistividad del terreno en [Ω/m].
- ρ_s: Es la resistividad de la capa superficial del terreno en [Ω/m].
- h_s: Es el grosor de la capa superficial en [m].
- t_s: Es el tiempo de despeje de la falla en [seg].

Utilizando las ecuaciones anteriores y los datos de entrada obtenemos:

- $C_s = 1 - \frac{0.09\left(1-\frac{28}{10000}\right)}{(2*0.15)+0.09} \rightarrow C_s = 0.76$

- $E_{contacto_50kg} = 3758.3\ [V]$
- $E_{contacto_70kg} = 5086.7\ [V]$

- $E_{paso_50kg} = 14134.8\ [V]$
- $E_{paso_70kg} = 19130.7\ [V]$

5.9.5. *CÁLCULO DE CONDUCTORES DEL SPT*

Los conductores enterrados horizontalmente en el sistema de puesta a tierra deben tener el calibre suficiente para tolerar la corriente de falla por el tiempo máximo de duración de está sin fundirse o sufrir algún daño que pueda aumentar su resistencia.

Debido a las composiciones típicas del suelo en Colombia (muy corrosivo), es recomendable que el conductor de puesta a tierra sea mínimo 2/0 AWG y de cobre.

La determinación del calibre mínimo para los bajantes del sistema de puesta a tierra se realiza a partir de la siguiente expresión:

$$A = \frac{I_{rms}\sqrt{t_s}}{k}\ [mm^2]$$

Donde:

- I_{rms}: Corriente de falla suministrada por el operador de red (OR) en [A].
- t_s: Tiempo de despeje de la falla en [seg].
- k: Constante del conductor del bajante (valores mostrados en la Tabla 1).

CONDUCTOR	*AISLAMIENTO*	*k*
Cobre	Sin	143
Aluminio	Sin	93
Cobre	PVC	115
	XLPE	143
Aluminio	PVC	76
	XLPE	94

Tabla 16. Valor k para el cálculo de la sección del conductor.

Los valores presentados en la Tabla 16 se toman de *"GM-04 Guía metodológica cálculo del sistema de puesta a tierra".*

Utilizando los datos particulares para este caso tenemos:

$$A = \frac{I_{rms}\sqrt{t_s}}{k} = \frac{1000\sqrt{0.15}}{143}\ [mm^2]$$

$$A = 57.16\ [mm^2]$$

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

El conductor mínimo permitido es AWG 2/0 con:

$$A = 67.42\ [mm^2]$$

$$diametro = 10.63\ [mm]$$

5.9.6. *TOPOLOGÍA PROPUESTA DEL SPT*

Se propone una configuración de malla a tierra con las siguientes características:

- *Numero de electrodos:* 15
- *Longitud del electrodo:* 2.44 metros.
- *Profundidad de enterramiento:* 0.5 metros.

- *Número de conductores horizontales:* 3
- *Longitud de la malla:* 5 metros.

- *Número de conductores verticales:* 5
- *Ancho de la malla:* 10 metros.

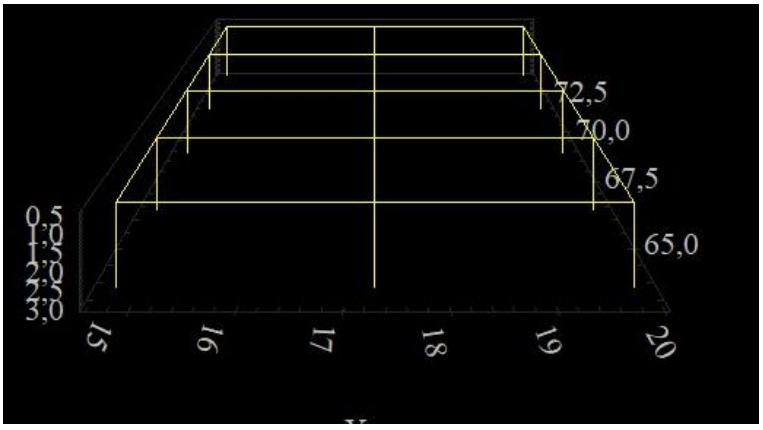


Imagen 14. Topología propuesta malla a tierra.

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

Tenemos:

- $h = 0.5\ [m]$ Profundidad de enteramiento de la malla.
- $N = 15$ Número de varillas o electrodos.
- $L_v = 2.44\ [m]$ Longitud de las varillas o electrodos.
- $L_1 = 10\ [m]$ Longitud de la malla en el eje X.
- $L_2 = 5\ [m]$ Longitud de la malla en el eje Y.
- $d = 0.01063\ [m]$ Diámetro del conductor seleccionado.
- $D = 2.5\ [m]$ Espaciamiento entre conductores.
- $L_T = L_c + (N * L_v)\ [m]$ Longitud Total.

- $A_T = (L_1) * (L_2)\ [m^2]$ Área cubierta por la malla.
- $L_p = (L_1 + L_2) * 2\ [m]$ Longitud del perímetro.
- $L_c = \left[\left(\frac{L_1}{D} + 1\right) * L_2\right] + \left[\left(\frac{L_2}{D} + 1\right) * L_1\right]$ Longitud efectiva del conductor.

- $L_c = 55\ [m]$
- $L_T = 91.6\ [m]$
- $A_T = 50\ [m^2]$
- $L_p = 30\ [m]$

5.9.7. VALIDACIÓN DEL DISEÑO PROPUESTO

5.9.7.1. RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA DEL DISEÑO PROPUESTO.

Para el cálculo de la resistencia de puesta a tierra existen múltiples modelos aceptados. La expresión presentada por *Sverak* ofrece un alto nivel de precisión:

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

$$R_G = \rho\left[\frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20A_T}}\left(1 + \frac{1}{1 + h\sqrt{\frac{20}{A_T}}}\right)\right]$$

Ecuación 7. Ecuación Resistencia de puesta a tierra - Sverak.

Donde:

- ρ: Resistividad aparente del suelo, suponiendo que es homogéneo.
- L_T: Longitud total del conductor horizontal enterrado y electrodos de puesta a tierra.
- A_T: Área total cubierta por la malla a tierra.
- h: Profundidad de entierro de la malla a tierra.

Aplicando lo anterior tenemos:

$$\rightarrow \quad \boldsymbol{R_G = 1.86[\Omega]}$$

5.9.7.2. ELEVACIÓN DE POTENCIAL EN LA PUESTA A TIERRA (GPR)

Si el GPR del diseño está por debajo de la tensión de contacto tolerable no es necesario realizar ningún análisis adicional. El GPR se calcula de la siguiente manera:

$$GPR = R_G * I_G$$

Ecuación 8. Elevación de potencial en la puesta a tierra - GPR.

$$\rightarrow \quad \boldsymbol{GPR = 37912.5\ [V]}$$

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

5.9.7.3. VERIFICACIÓN DE LA TENSIÓN DE CONTACTO

La tensión inducida en la malla del diseño inicial, calculada a continuación, debe ser menor que la tensión de contacto tolerable por el ser humano.

$$V_{contacto_malla} = \frac{\rho * I_G * K_m * K_i}{L_c + \left[1.55 + \left(1.22 * \left(\frac{L_v}{\sqrt{{L_1}^2 + {L_2}^2}}\right)\right)\right] * N * L_v}$$

Ecuación 9. Tensión de contacto inducida en la malla.

Donde:

- ρ: Resistividad aparente del suelo, suponiendo que es homogéneo.
- I_G: Corriente de falla a tierra.
- $K_m = \frac{1}{2\pi}\left[\ln\left[\frac{D^2}{16*h*d} + \frac{(D+2h)^2}{8*D*d} - \frac{h}{4*d}\right] + \frac{K_{ii}}{K_h}\ln\left[\frac{8}{\pi*(2n-1)}\right]\right]$
- $K_{ii} = 1$ Para mallas con electrodos tipo varilla a lo largo del perímetro, en las esquinas o dentro de ella.
- $K_h = \sqrt{1+h}$
- $K_i = 0.644 + (0.148 * n)$
- $n = n_a * n_b * n_c$
- $n_a = \frac{2*L_c}{L_p}$
- $n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4*\sqrt{A_T}}}$
- $n_c = \left(\frac{L_1*L_2}{A_T}\right)^{\frac{0.7*A_T}{L_1*L_2}}$
- N: Numero de electrodos o varillas.
- L_c: Longitud del conductor [m]
- L_v: Longitud de electrodos o varillas [m]
- $L_p = 2 * (L_1 + L_2)$ Expresada en metros para mallas cuadradas y rectangulares.

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

Utilizando las ecuaciones anteriores, encontramos la tensión de contacto inducida en la malla:

$$V_{contacto_malla} = 3740.7\ [V]$$

$$V_{contacto_malla} < E_{contacto_50kg}$$

Observamos que la tensión de contacto inducida en la malla es menor a la tensión de contacto tolerable por el ser humano, por lo tanto, el diseño cumple con los lineamientos para la tensión de contacto.

5.9.7.4. VERIFICACIÓN DE LA TENSIÓN DE PASO

De igual manera, la tensión de paso con el diseño propuesto, calculada a continuación, debe ser menor a la tensión de paso tolerable:

$$V_{paso} = \frac{\rho * I_G * K_s * K_i}{0.75 * L_c + 0.85 * N * L_v}$$

Ecuación 10. Tensión de paso inducida en la malla.

Donde:

- ρ: Resistividad aparente del suelo, suponiendo que es homogéneo.
- I_G: Corriente de falla a tierra.
- $K_s = \frac{1}{\pi}\left[\frac{1}{2*h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} * (1 - 0.5^{n-2})\right]$
- $K_i = 0.644 + (0.148 * n)$
- L_c: Longitud del conductor [m]
- L_v: Longitud de electrodos o varillas [m]
- $n = n_a * n_b * n_c$
- $n_a = \frac{2*L_c}{L_p}$

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

- $n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4*\sqrt{A_T}}}$
- $n_c = \left(\frac{L_1*L_2}{A_T}\right)^{\frac{0.7*A_T}{L_1*L_2}}$
- N: Numero de electrodos o varillas.

Utilizando las ecuaciones anteriores, encontramos la tensión de paso inducida en la malla:

$$V_{paso_malla} = 4901.2\ [V]$$

$$V_{paso_malla} < E_{paso_50kg}$$

Observamos que la tensión de paso inducida en la malla es menor a la tensión de paso tolerable por el ser humano, por lo tanto, el diseño cumple con los lineamientos para la tensión de paso.

En el Anexo 4 se presenta la simulación realizada en el software ETAP que corrobora el cumplimiento del Sistema de Puesta a Tierra (SPT) propuesto.

5.10. CÁLCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES

El cálculo económico del conductor es un estudio que optimiza el diseño y encuentra alternativas de mínimo costo. Para alcanzar este objetivo de manera eficiente es necesario una adecuada selección de la sección transversal del conductor y considerar el impacto económico de los costos involucrados en la instalación a diseñar.

Este cálculo se basa en requerimientos técnicos y económicos que se realiza a partir de la aplicación de los siguientes parámetros:

- Capacidad de corriente del conductor.
- Análisis de pérdidas de energía.
- Regulación de tensión.

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

- Cortocircuito.
- Inversión inicial o de instalación.
- Costo de las pérdidas de energía durante la vida útil de la instalación.

De esta forma, el conductor económico seleccionado entre diferentes calibres es aquel que genera el menor costo durante su vida útil, cumpliendo con los parámetros técnicos y de seguridad exigidos por el RETIE.

La capacidad aprobada del proyecto y las características principales del sistema eléctrico existente se presenta a continuación:

PARÁMETRO	*VALOR*
Sistema eléctrico	Trifásico tetrafilar (FFFN)
Capacidad proyectada [kVA]	500
Demanda máxima	450
Tensión de línea MT [V]	13200
Tensión de línea BT [V]	220

Tabla 17. Información de diseño.

5.10.1. MEDIA TENSIÓN

5.10.1.1. CAPACIDAD DE CORRIENTE

Debido a que el presente diseño cuenta con un sistema trifásico y una acometida subterránea, la corriente se obtiene a partir de la siguiente formula:

$$I = \frac{S_{3\varphi}}{\sqrt{3} * V_L}$$

Ecuación 11. Cálculo capacidad de corriente.

$$I = \frac{500000}{\sqrt{3} * 13200}$$

$$\boldsymbol{I_{nom_MT} = 21.86\ [A]}$$

A la corriente del conductor para redes de Media Tensión se le aplica un margen de seguridad que para este diseño es del 25% (NTC 2050 – Sección 220, Articulo 220-3):

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

$$I_{cond} = 1.25 * I_{nom_MT} \qquad I_{cond_MT} \approx 27\ [A]$$

A partir de la corriente que debe soportar el conductor, el tipo de acometida (Subterránea MT) y la norma técnica NTM-01 y NTR-02 de la ESSA se define el calibre mínimo y tipo de cable:

- Calibre mínimo: 2 AWG
- Datos técnicos del cable: XLPE Cu 90°C 15kV 133% PC PVC ECU RJ
- Longitud: 40 metros

5.10.1.2. REGULACIÓN

Se realiza el cálculo de regulación siguiendo el método expuesto en NTR-02. De acuerdo con NTM-01 y la normativa vigente, el límite de regulación de tensión permitido en las acometidas de media tensión es del 3%.

A continuación, se presentan los cálculos y resultados:

VARIABLES DE ENTRADA	
U	13200
$\cos \varphi$	0.9
X_L	0.169
R	0.677
L [km]	0.4
I_{MAX}	27
φ	25.8419
$\tan \varphi$	0.4843

Tabla 18. Variables de entrada.

Se realizan los cálculos teniendo en cuenta la ecuación 12:

$$\Delta U = \sqrt{3} * I * (R \cos \varphi + X \sin \varphi) * L$$

Ecuación 12. Caída de Tensión – MT

Reemplazando valores tenemos:

$$\Delta U = 1.2775\ [V]$$

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

La caída de tensión en porcentaje será:

$$\%U = k * P * L$$

$$\%U = 0.007838$$

De igual manera, se valida la información realizando el cálculo de la regulación por el método del momento eléctrico y las contantes de regulación. Estos resultados se presentan en el anexo 5.

De acuerdo con la información anterior, se valida el calibre de los conductores seleccionados para cada acometida parcial es:

- Desde punto de conexión en Media Tensión hasta tren de celdas el calibre mínimo es 2 AWG en la siguiente configuración:

  3F x 2AWG XLPE Cu 90°C 15kV 133% PC PVC ECU RJ

- Desde celdas de media tensión hasta transformador eléctrico de potencia el calibre mínimo es de 2 AWG en la siguiente configuración:

  3F x 2AWG XLPE Cu 90°C 15kV 133% PC PVC ECU RJ

5.10.1.3. CÁLCULO ECONOMICO DE CONDUCTORES

La selección optima del conductor en baja tensión para proyectos comerciales depende de la mejor relación económica que pueda obtener teniendo en cuenta restricciones técnicas de montaje. La potencia de la carga que se desea alimentar, la tensión nominal y el factor de potencia definirá la corriente de operación del sistema. Con estos valores se puede obtener el conductor óptimo para el proyecto.

El estudio se realiza con los fundamentos eléctricos, la norma técnica Colombia NTC 2050, el RETIE y los siguientes valores:

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

- Costo de kW-h: $730.42
- Factor de potencia: 0.90
- Tasa de interés anual: 15%
- Horizonte del proyecto: 20 años

5.10.2. BAJA TENSIÓN

5.10.2.1. CAPACIDAD DE CORRRIENTE

Debido a que el presente diseño cuenta con un sistema trifásico tetrafilar, la corriente se obtiene a partir de la siguiente formula:

$$I = \frac{S_{3\varphi}}{\sqrt{3} * V_L}$$

Ecuación 13. Cálculo capacidad de corriente.

$$I = \frac{500000}{\sqrt{3} * 220}$$

$$\boldsymbol{I_{nom} = 1312.19\ [A]}$$

A la corriente del conductor para redes de baja tensión se le aplica un margen de seguridad que para este diseño es del 15% (NTC 2050 – Sección 220, Articulo 220-3):

$$\boldsymbol{I_{cond} = 1.15 * I_{nom}} \quad \Rightarrow \quad \boldsymbol{I_{cond} \approx 1500\ [A]}$$

A partir de la corriente que debe soportar el conductor se definen los calibres mínimos por capacidad de corriente:

- Calibre mínimo: 5 x 750 kcmil
- Datos técnicos del cable: THHN/THWN-2 Rosh 600V SERIE 8000
- Longitud: 20 metros

5.10.2.2. REGULACIÓN

Se realiza el cálculo de regulación por el método de momento para los calibres calculados por capacidad de corriente (Ver Anexo 5. Cálculos de regulación).

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

De acuerdo con la normativa vigente, la regulación aguas abajo del transformador debe ser inferior al 3%. De igual manera, teniendo en cuenta la ocupación de ductos el calibre de los conductores seleccionados para cada acometida parcial es:

- Desde TRF hasta Tablero general de Baja Tensión el calibre mínimo es 750 kcmil en la siguiente configuración:

5 x (3Fx750kcmil + 1N x 750kcmil) + 1T x 3/0 AWG AL S8000

5.10.2.3. CÁLCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES

La selección optima del conductor en baja tensión para proyectos comerciales depende de la mejor relación económica que pueda obtener teniendo en cuenta restricciones técnicas de montaje. La potencia de la carga que se desea alimentar, la tensión nominal y el factor de potencia definirá la corriente de operación del sistema. Con estos valores se puede obtener el conductor óptimo para el proyecto.

El estudio se realiza con los fundamentos eléctricos, la norma técnica Colombia NTC 2050, el RETIE y los siguientes valores:

- Costo de kW-h: $730.42
- Factor de potencia: 0.90
- Tasa de interés anual: 15%
- Horizonte del proyecto: 20 años

5.11. VERIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES DE ACUERDO CON LA IEC 60909, IEEE 242 – CAP 9 O EQUIVALENTE.

La verificación de los conductores se realiza en base a la corriente de carga y la corriente de falla que circulará por los conductores, donde se garantice que los dispositivos de protección actúen antes de que los conductores sufran daños.

La verificación de los conductores se efectúa con la ayuda del software ETAP. Los resultados y las curvas se muestran en el Anexo 6.

De igual manera, se realiza la verificación de los conductores haciendo uso de las tablas proporcionadas por la NTC 2050 o los fabricantes de cables.

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

5.11.1. MEDIA TENSIÓN

La verificación de los conductores se realiza acorde a la NTC 2050 – Articulo 310 conductores para alambrado en general. En la siguiente tabla, muestra la capacidad de corriente (Ampacity) para la acometida escogida.

CABLES DE MEDIA TENSIÓN						
DESCRIPCIÓN	NIVEL DE TENSIÓN	NIVEL DE AISLAMIENTO	TIPO DE PANTALLA	DIAMETRO TOTAL	PESO TOTAL	CAPACIDAD DE CORRIENTE
	kV	%		mm	Kg/km	A
XLPE Cu 2 AWG 15Kv 133% PC PVC SR	15	133	Cinta de cobre	26	896	155

Tabla 19. Capacidad de corriente (Ampacity) calibre seleccionado.

Se debe garantizar que los conductores no sufran daños, asegurando que la acometida tenga la capacidad para transportar la corriente de la carga.

5.11.2. BAJA TENSIÓN

La verificación de los conductores se realiza acorde a la NTC 2050 – Articulo 310 conductores para alambrado en general. En la siguiente tabla, muestra la capacidad de corriente (Ampacity) para la acometida escogida.

SECCIÓN mm^2	Temperatura nominal del conductor			CALIBRE AWG
	60 °C	75 °C	90 °C	
	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	Tipos TBS, SA, SIS. FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
	ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			
380	321	384	435	750 kcmil

Tabla 20. Capacidad de corriente (Ampacity) calibre seleccionado.

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

Se debe garantizar que los conductores no sufran daños, asegurando que la acometida tenga la capacidad para transportar la corriente de la carga.

5.12. *CALCULO MECANICO DE ESTRUCTURAS Y ELEMENTOS DE SUJECIÓN DE EQUIPOS.*

El diseño eléctrico del presente proyecto no contempla redes aéreas por lo que este análisis no aplica.

5.13. *CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTES.*

El cálculo y coordinación de protecciones se realiza considerando las corrientes nominales del sistema y la selectividad parcial de protecciones. Para esto, se asegura que los dispositivos de protección actúen de acuerdo con su función, la zona a proteger y el tiempo de despeje de la falla.

La coordinación de protecciones se realiza con el software ETAP y se presenta en el Anexo 6.

5.14. *CALCULO DE CANALIZACIONES.*

Para el cálculo de canalización se emplea la metodología de la NTC 2050. Para la selección del diámetro de la tubería se debe tener en cuenta el número máximo de conductores y el porcentaje de ocupación permitido por la NTC 2050 en las Tablas del Capítulo 9 y el anexo C – Tabla C.1.

De acuerdo con la información anterior, en el anexo 7 se presenta la información con los resultados obtenidos.

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

5.15. CÁLCULO DE PERDIDAS DE ENERGÍA.

Los cálculos de pérdidas de energía se muestran en el Anexo 5 - Cálculo de pérdidas de energía.

5.16. CÁLCULO DE REGULACIÓN.

Los cálculos de regulación se presentan en el Anexo 5. Cálculos de regulación.

5.17. CLASIFICACIÓN DE ÁREAS.

El presente proyecto no contempla áreas clasificadas ni ambientes especiales, por lo tanto, no aplica este análisis.

5.18. ELABORACIÓN DE DIAGRAMAS UNIFILARES.

Ver planos en el anexo 8.

5.19. ELABORACIÓN DE PLANOS Y ESQUEMAS ELÉCTRICOS PARA CONSTRUCCIÓN.

Ver planos en el anexo 9.

5.20. DISTANCIAS DE SEGURIDAD REQUERIDAS.

Teniendo en cuenta que frente al riesgo eléctrico la técnica más efectiva de prevención, siempre será guardar una distancia respecto a las partes energizadas, puesto que el aire es un excelente aislante, en este apartado se fijan las distancias mínimas que deben guardarse

entre líneas o redes eléctricas y elementos físicos existentes a lo largo de su trazado (carreteras, edificaciones, piso del terreno destinado a sembrados, pastos o bosques, etc.), con el objeto de evitar contactos accidentales.

5.20.1. DISTANCIAS DE SEGURIDAD PARA TRABAJOS EN O CERCA DE PARTES ENERGIZADAS

Las partes energizadas a las que el trabajador pueda estar expuesto, se deben poner en condición de trabajo eléctricamente seguro antes de trabajar en o cerca de ellas, a menos que se demuestre que desenergizar introduzca riesgos adicionales.

Actualmente se han incrementado los accidentes por arcos eléctricos, originados en cortocircuitos, fallas a tierra, contacto de herramientas con partes energizadas, choque térmico, acumulación de polvos, pérdidas de aislamiento, depósitos de material conductor o la ionización del medio.

Para actividades tales como cambio de interruptores o partes de él, intervenciones sobre transformadores de corriente, mantenimiento de barrajes, instalación y retiro de medidores, apertura de condensadores, macromedidores, medición de tensión y corriente, entre otras; deben cumplirse procedimientos seguros como los establecidos en la NFPA 70 E o IEC 60364. En todo caso se deben cumplir los siguientes requisitos:

a) Realizar un análisis de riesgos donde se tenga en cuenta la tensión, la potencia de cortocircuito y el tiempo de despeje de la falla, para definir la categoría del riesgo que determina el elemento de protección a utilizar. El análisis de arco debe revisarse en periodos no mayores a cinco años o cuando se realicen modificaciones mayores.
b) Fijar etiquetas donde se indique el nivel de riesgo y el equipo requerido.
c) Realizar una correcta señalización del área de trabajo y de las zonas aledañas a ésta.
d) Tener un entrenamiento apropiado para trabajar en tensión, si es el caso.
e) Tener un plano actualizado y aprobado por un profesional competente
f) Tener una orden de trabajo firmada por la persona que lo autoriza.

g) Usar equipos de protección personal certificados para el nivel de tensión y energía incidente involucrados, los cuales no deben tener nivel de protección menor al establecido en la Tabla 13.6 expuesta en el RETIE.

h) Las personas no calificadas, no deben sobrepasar el límite de aproximación seguro. Los OR atenderán las solicitudes de cubrimiento o aislamiento temporal para redes de media tensión y baja tensión que haga el usuario cuando requiera intervenir sus fachadas, el costo estará a cargo del usuario.

i) El límite de aproximación restringida debe ser señalizado ya sea con una franja visible hecha con pintura reflectiva u otra señal que brinde un cerramiento temporal y facilite al personal no autorizado identificar el máximo acercamiento permitido.

j) Cumplir las distancias mínimas de aproximación a equipos energizados de las Tablas 13.7 o 13.8 y la Figura13.4 del RETIE según corresponda, las cuales son adaptadas de la NFPA 70 e IEEE 1584. Estas distancias son barreras que buscan prevenir lesiones al trabajador y son básicas para la seguridad eléctrica.

5.21. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DE DESVIACIÓN DE LA NTC 2050.

El presente proyecto no posee desviaciones al Código Eléctrico Colombiano NTC 2050.

5.22. OTROS ESTUDIOS.

El presente proyecto no requiere estudios adicionales.

SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

607 617 7321
316 024 4149

Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505

www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com

Deiby Bohorquez T.

ING. DEIBY JAVIER BOHORQUEZ TARAZONA

M.P: SN205 - 158064

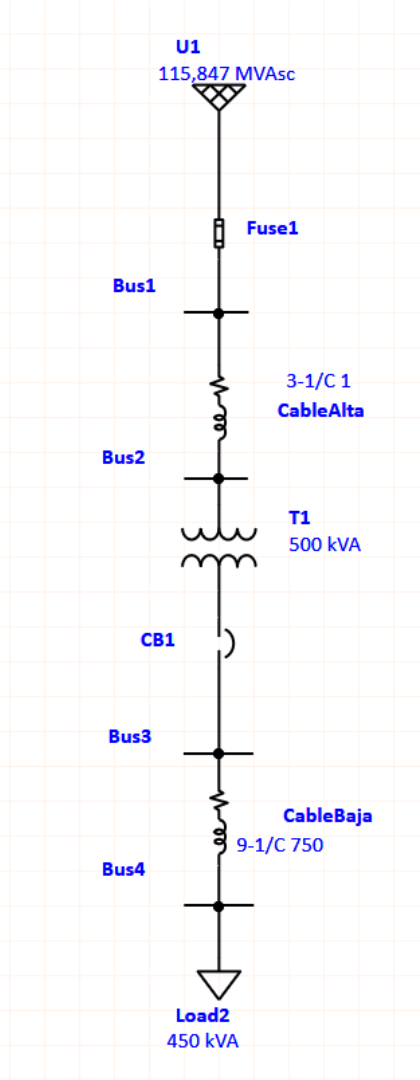
SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

607 617 7321
316 024 4149
Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505
www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com

Montaje de Estudio de cortocircuito en ETAP

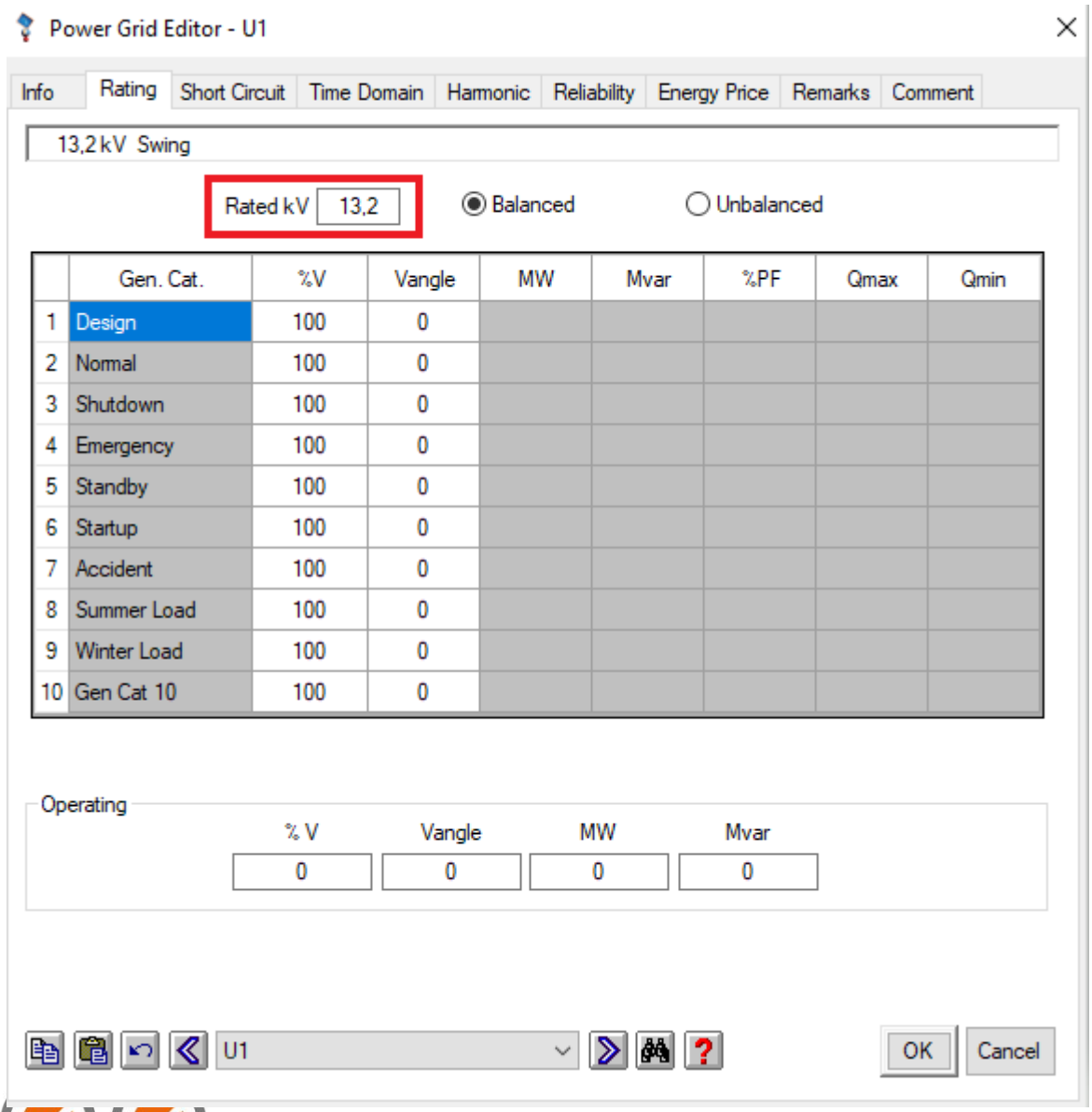
Con el objetivo de llevar a cabo el estudio de cortocircuito se emplea el programa ETAP mediante el cual se realizará la simulación del mismo.

Iniciamos ubicando y conectando todos los dispositivos del sistema de potencia, dando como resultado el siguiente diagrama:



Luego procedemos a darle las especificaciones del proyecto a cada uno de los componentes como se puede observar en las siguientes imágenes:

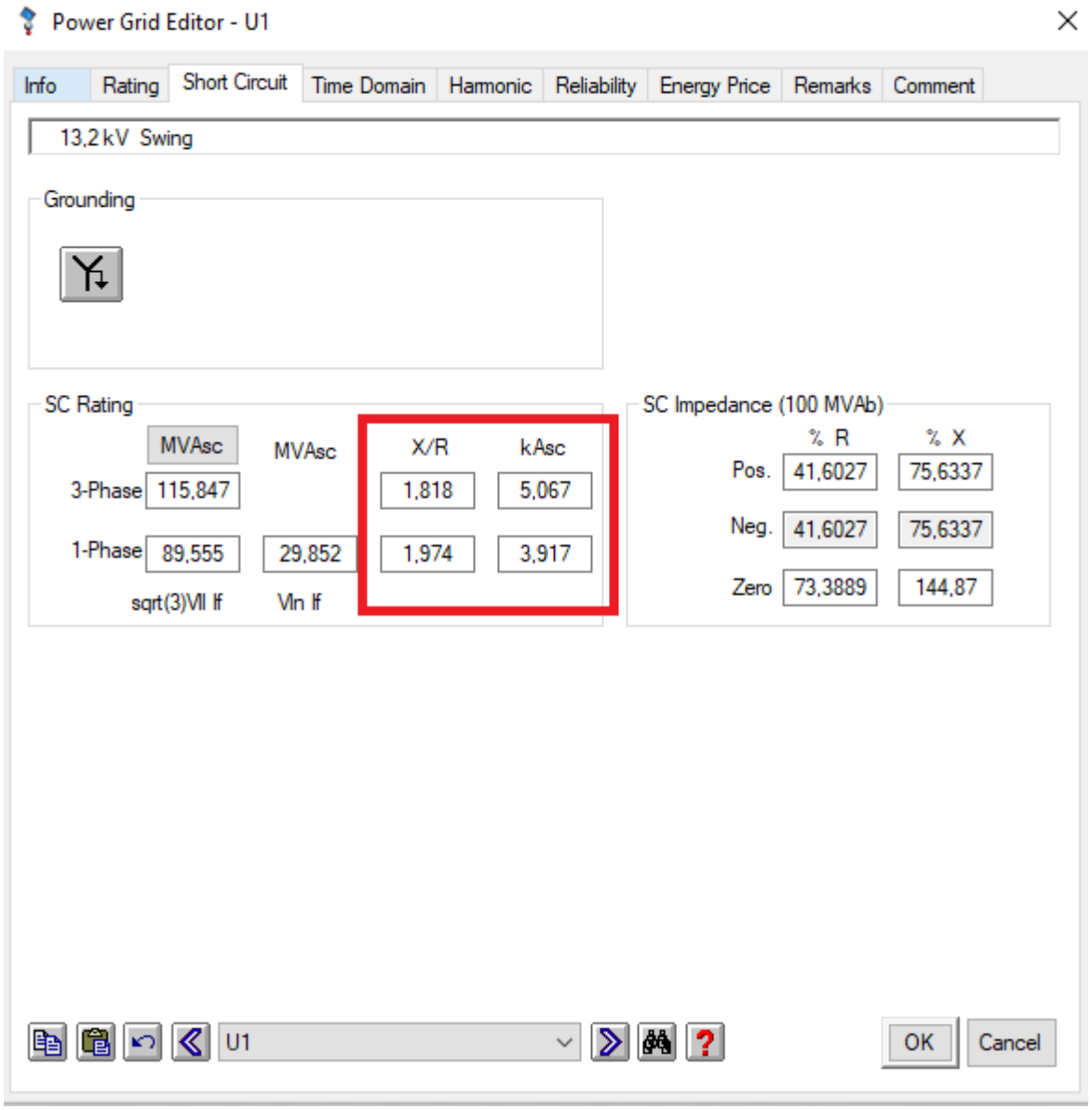
Punto de Conexión



607 617 7321
316 024 4149

Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505

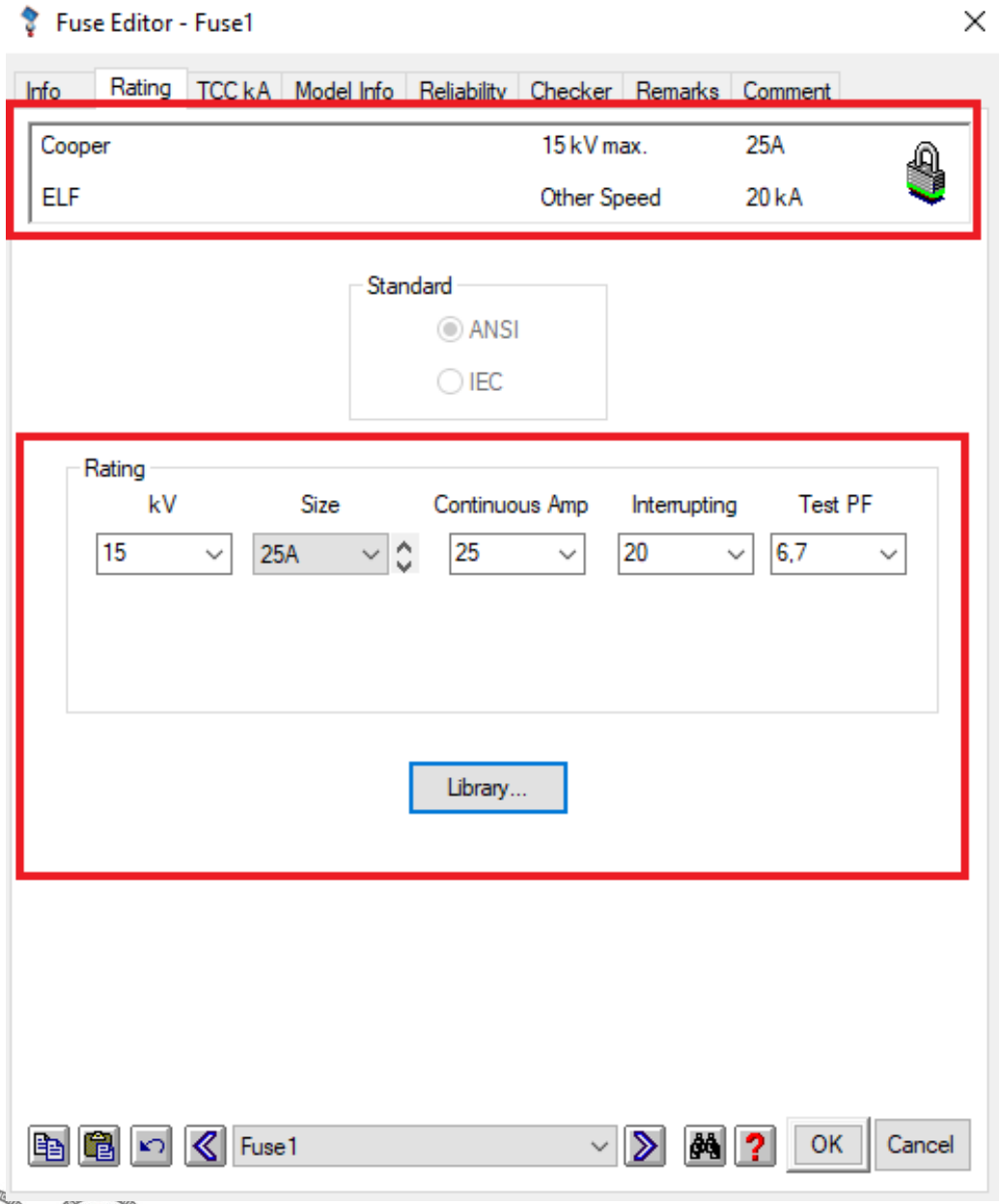
www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com



SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

607 617 7321
316 024 4149
Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505
www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com

Fusible

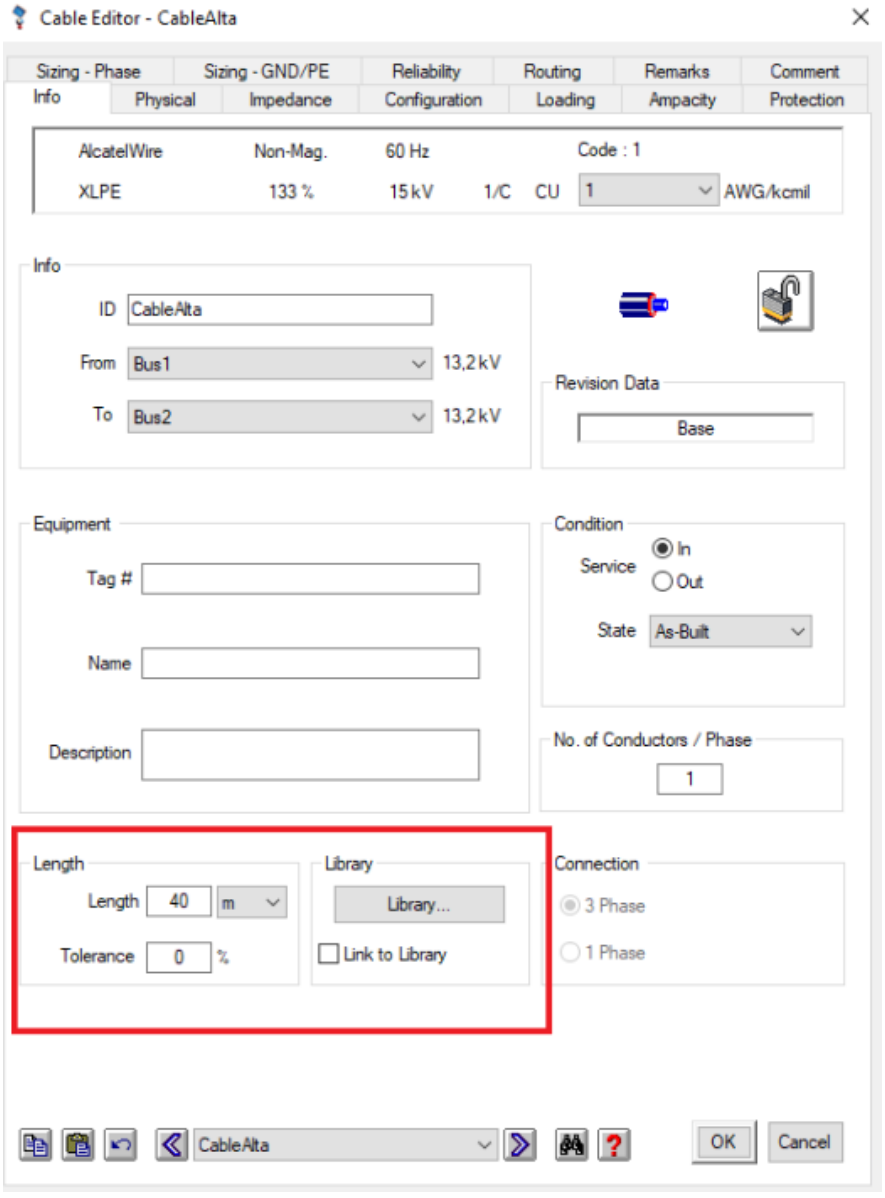


607 617 7321
316 024 4149

Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505

www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com

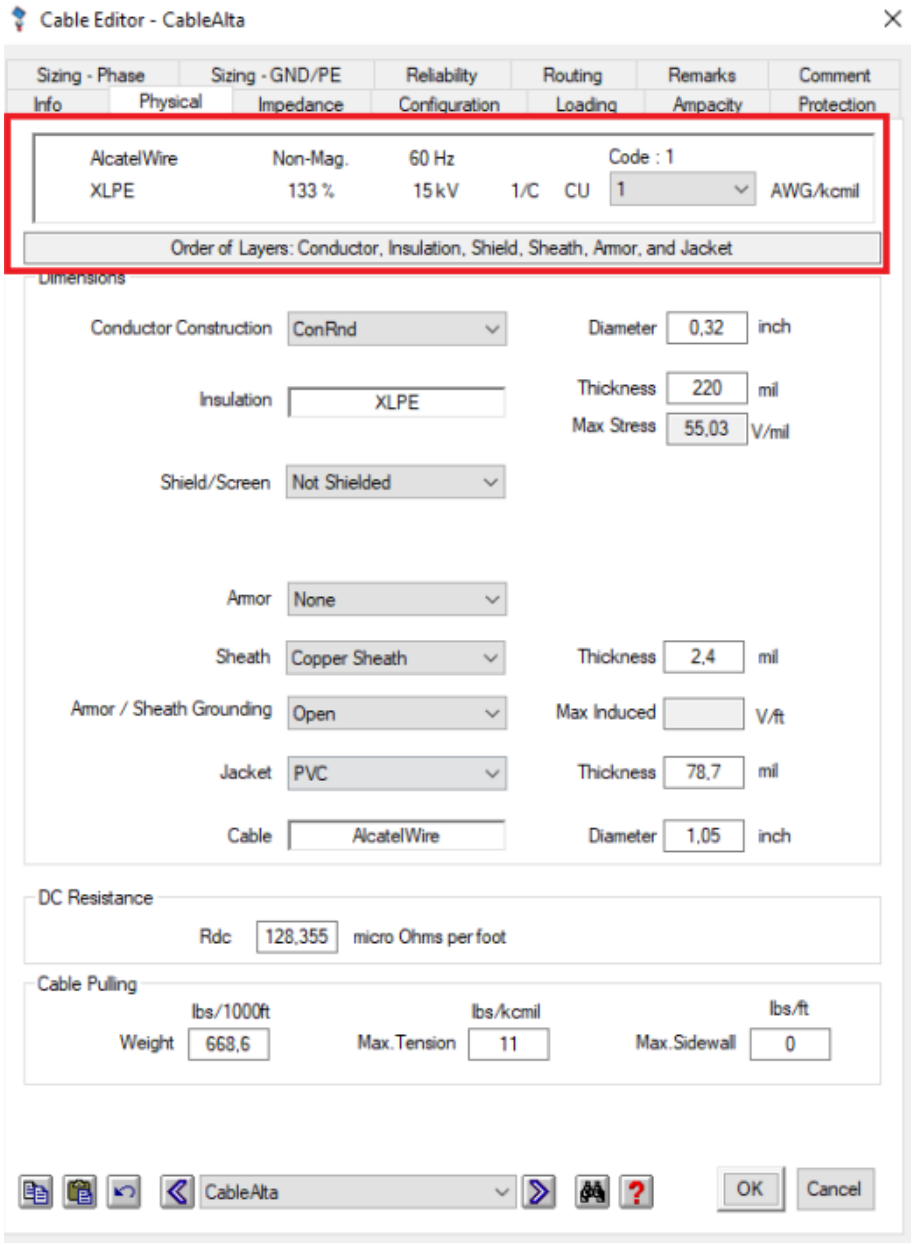
Cable de Alta



607 617 7321
316 024 4149

Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505

www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com



SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD

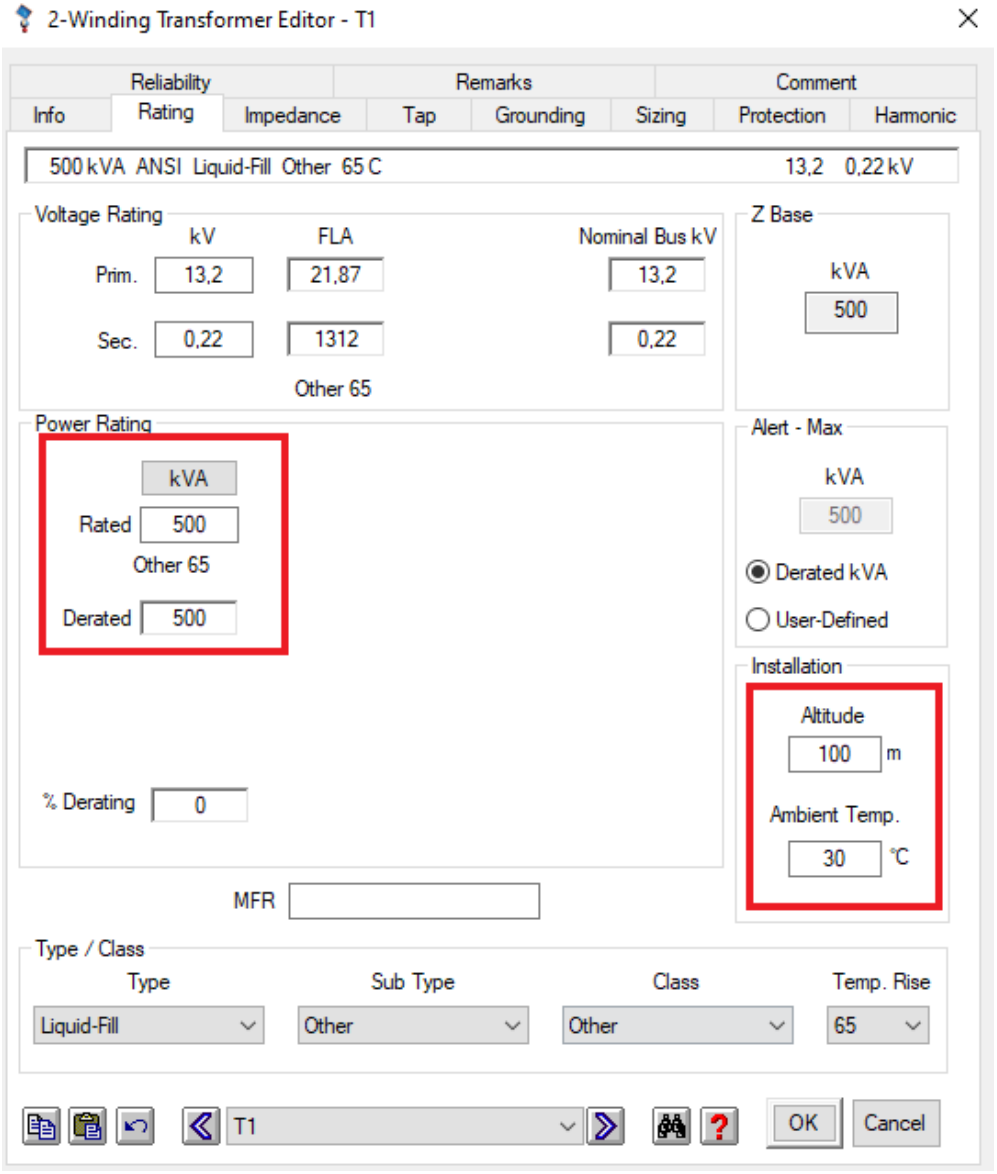
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

607 617 7321
316 024 4149

Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505

www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com

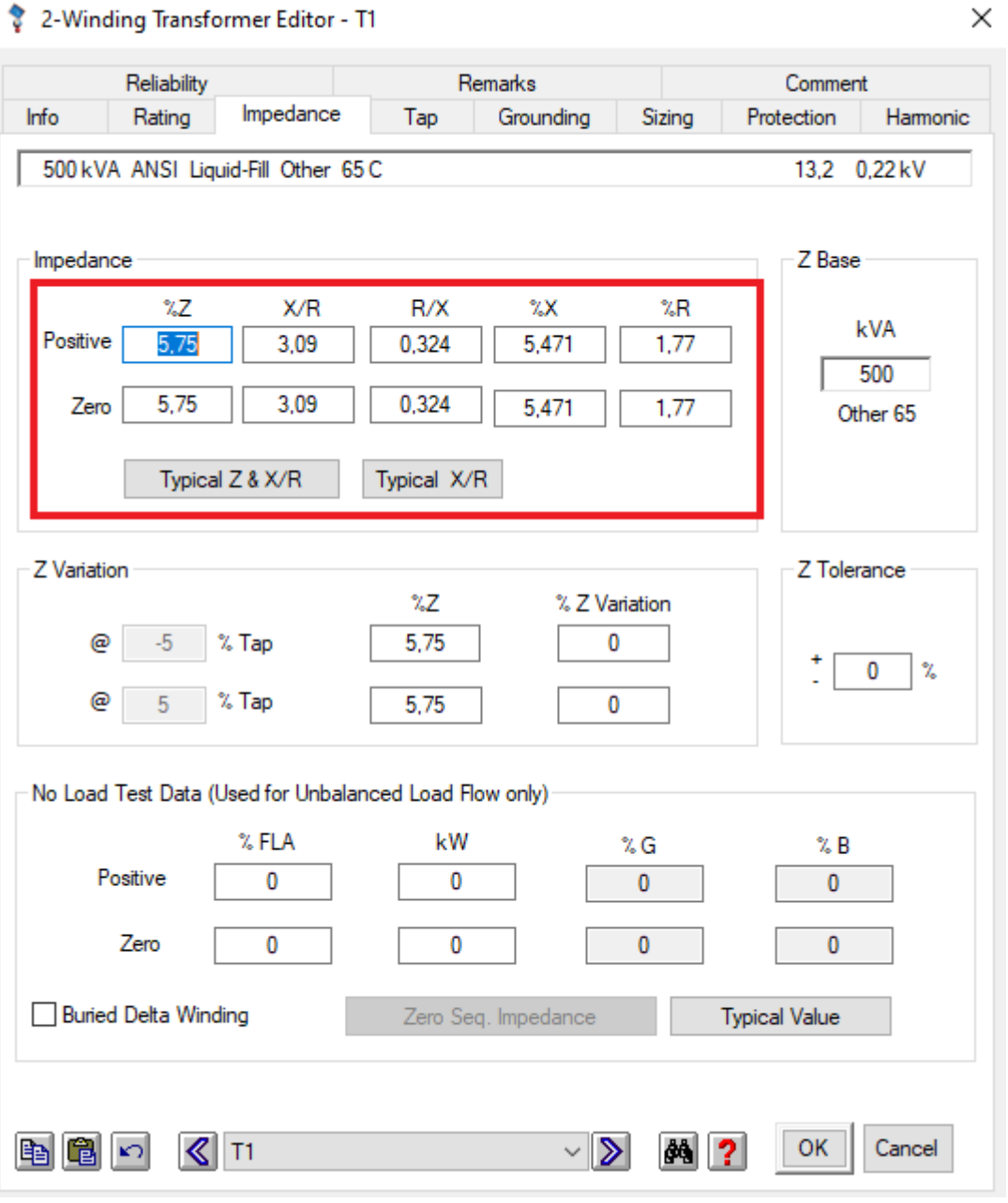
Transformador



607 617 7321
316 024 4149

Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505

www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com



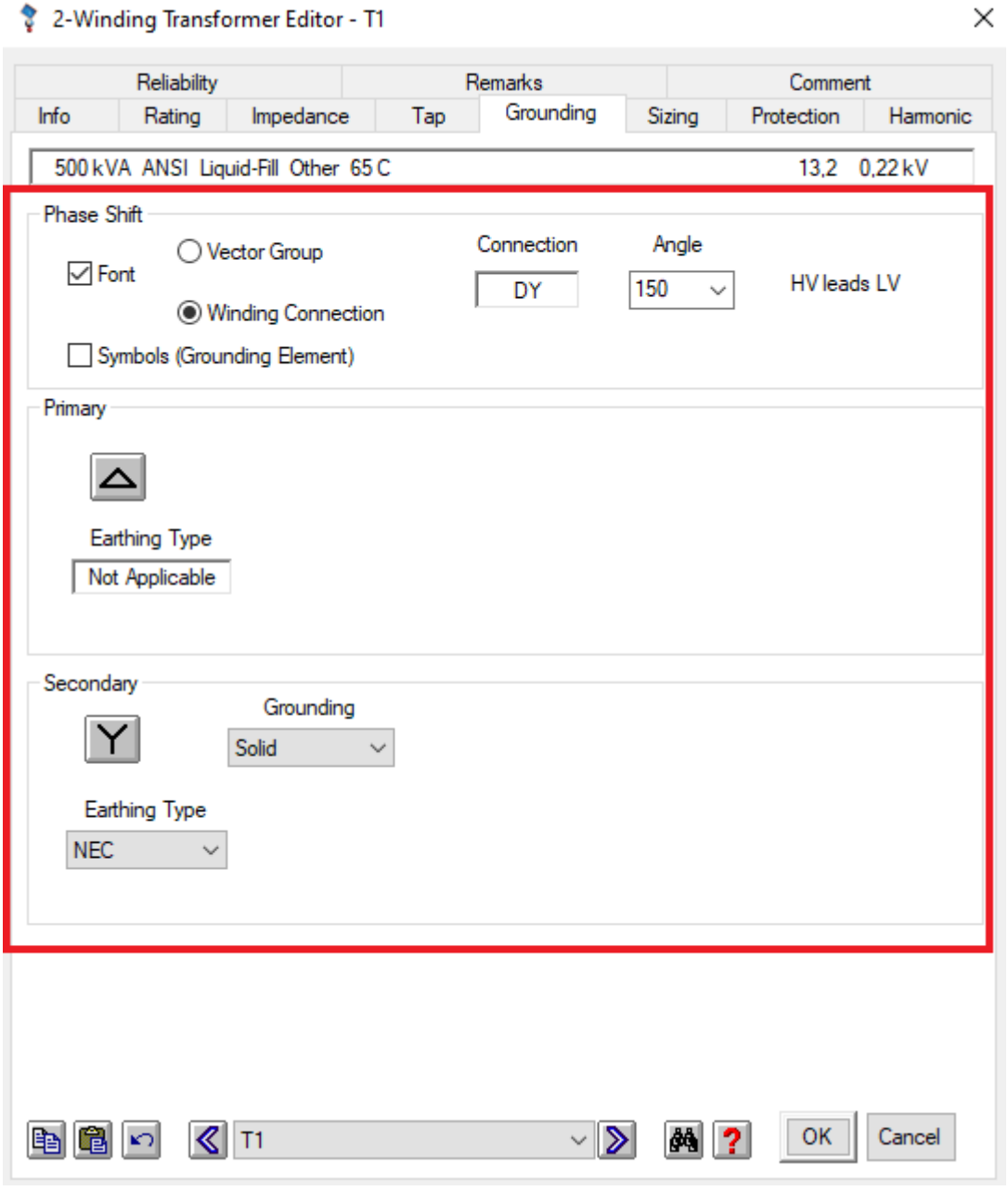
SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD

Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

607 617 7321
316 024 4149

Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505

www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com



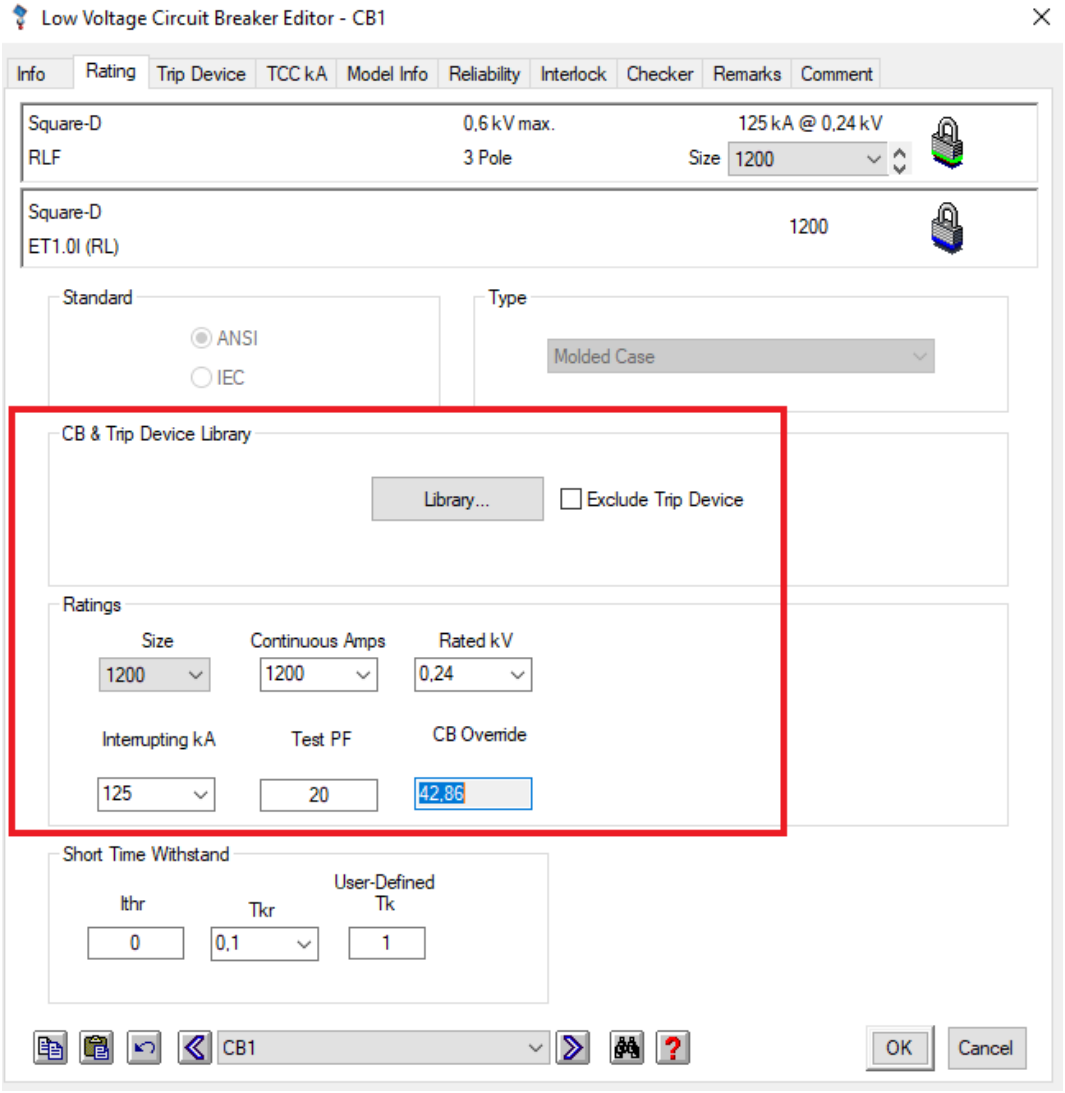
SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

607 617 7321
316 024 4149

Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505

www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com

Interruptor

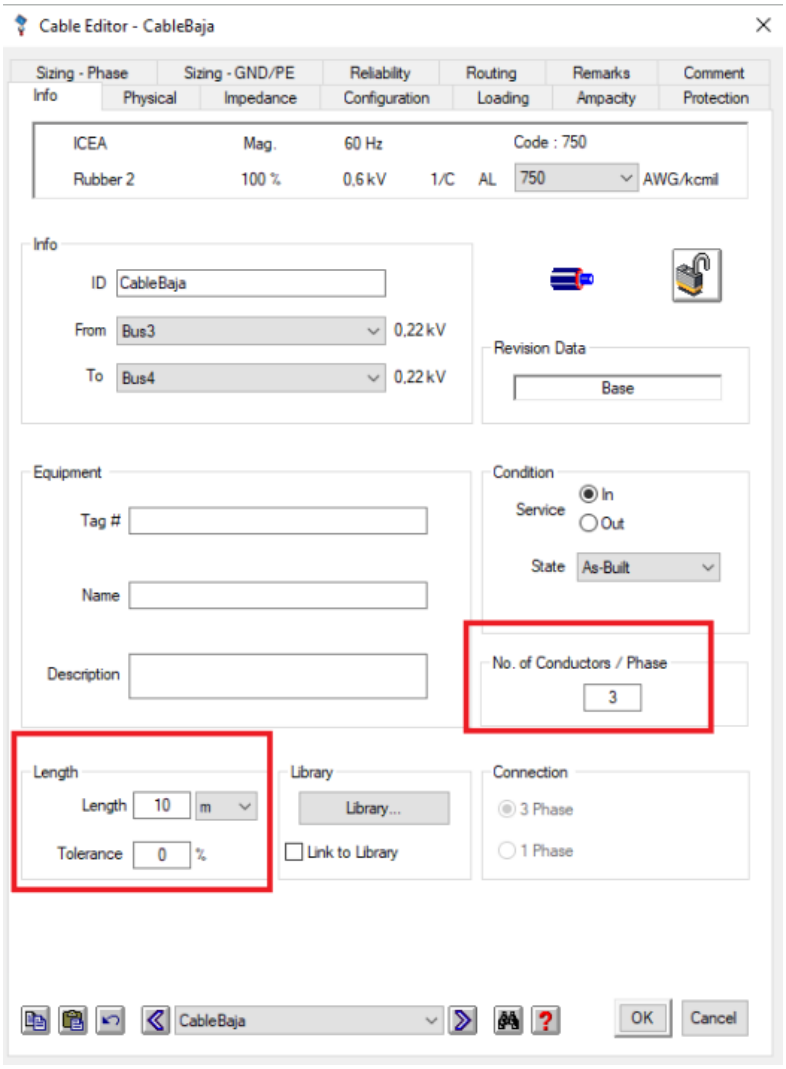


607 617 7321
316 024 4149

Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505

www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com

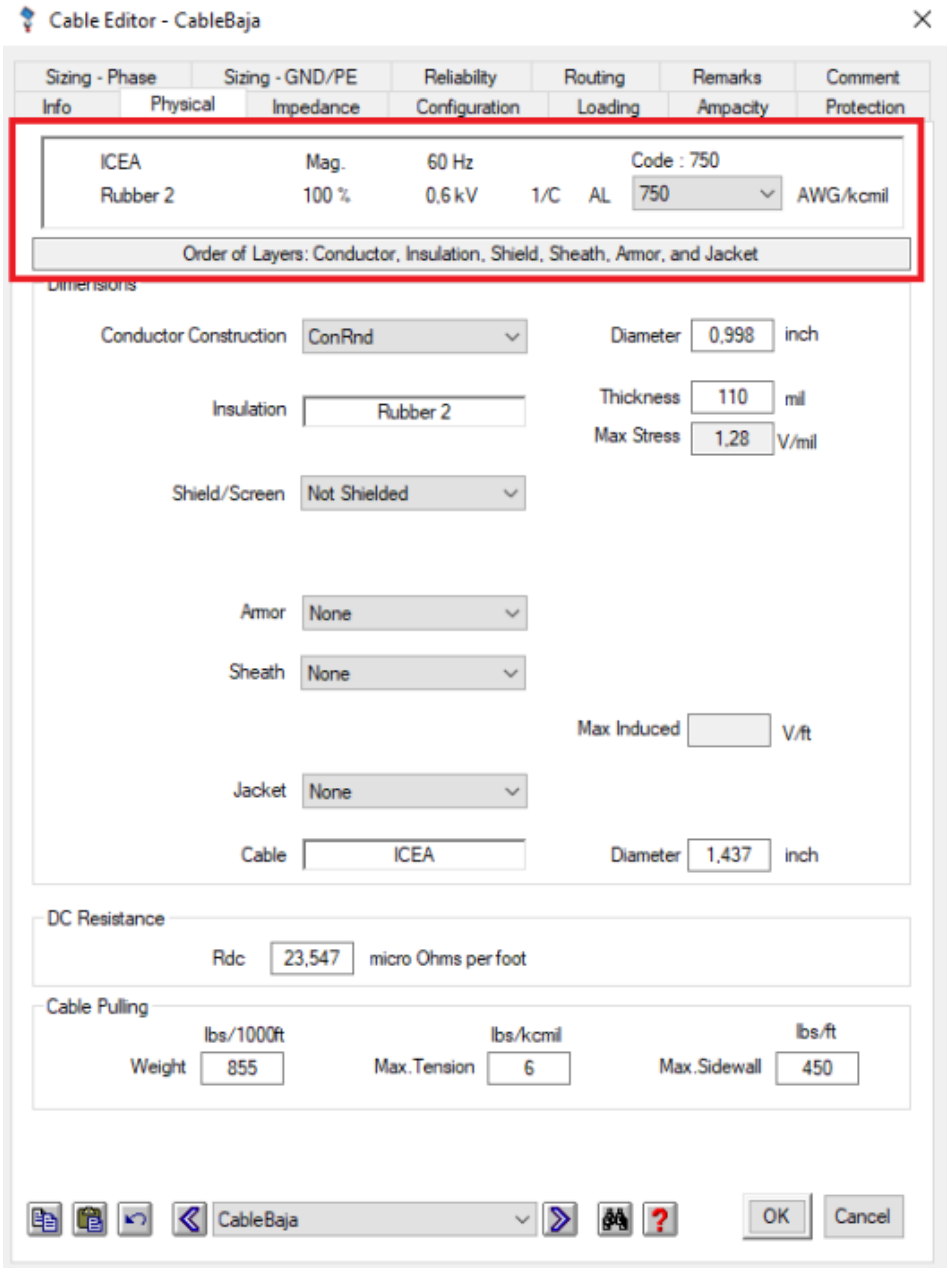
Cable de Baja



607 617 7321
316 024 4149

Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505

www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com



SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD

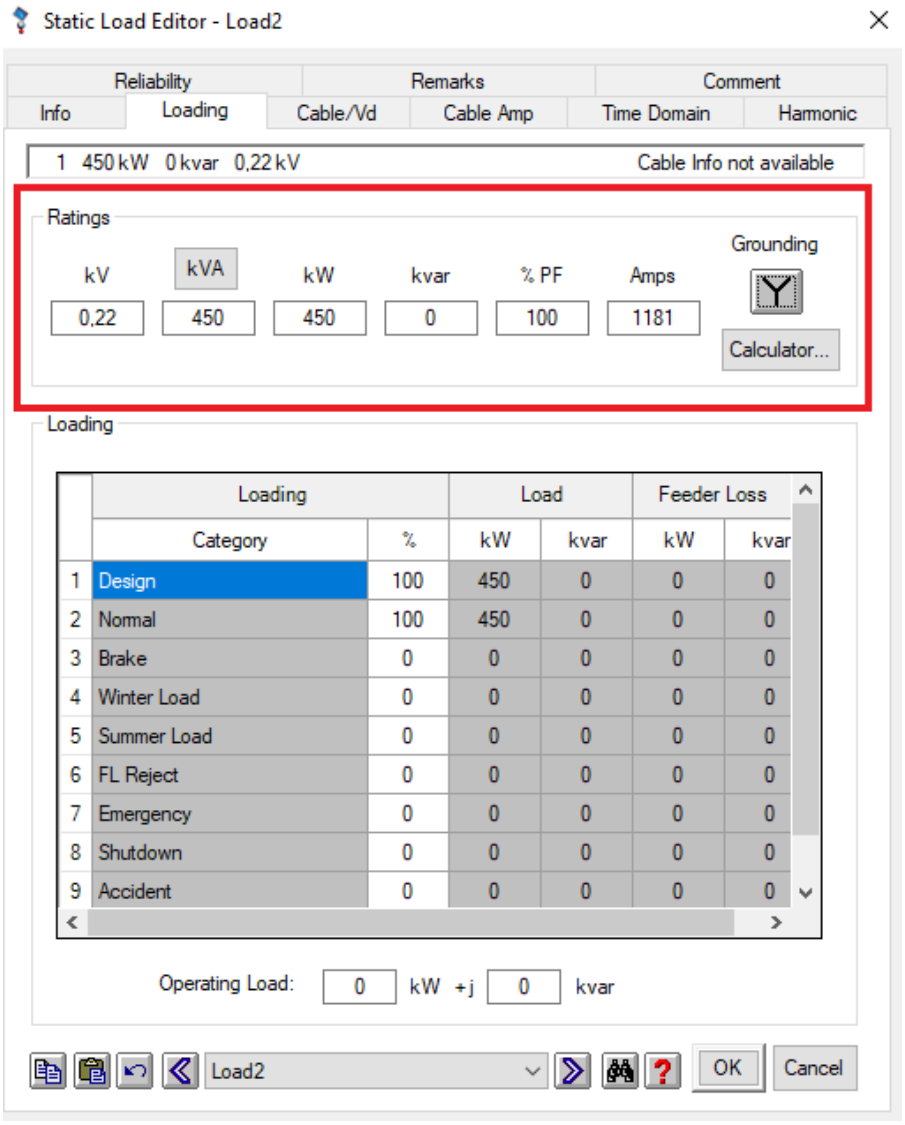
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

607 617 7321
316 024 4149

Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505

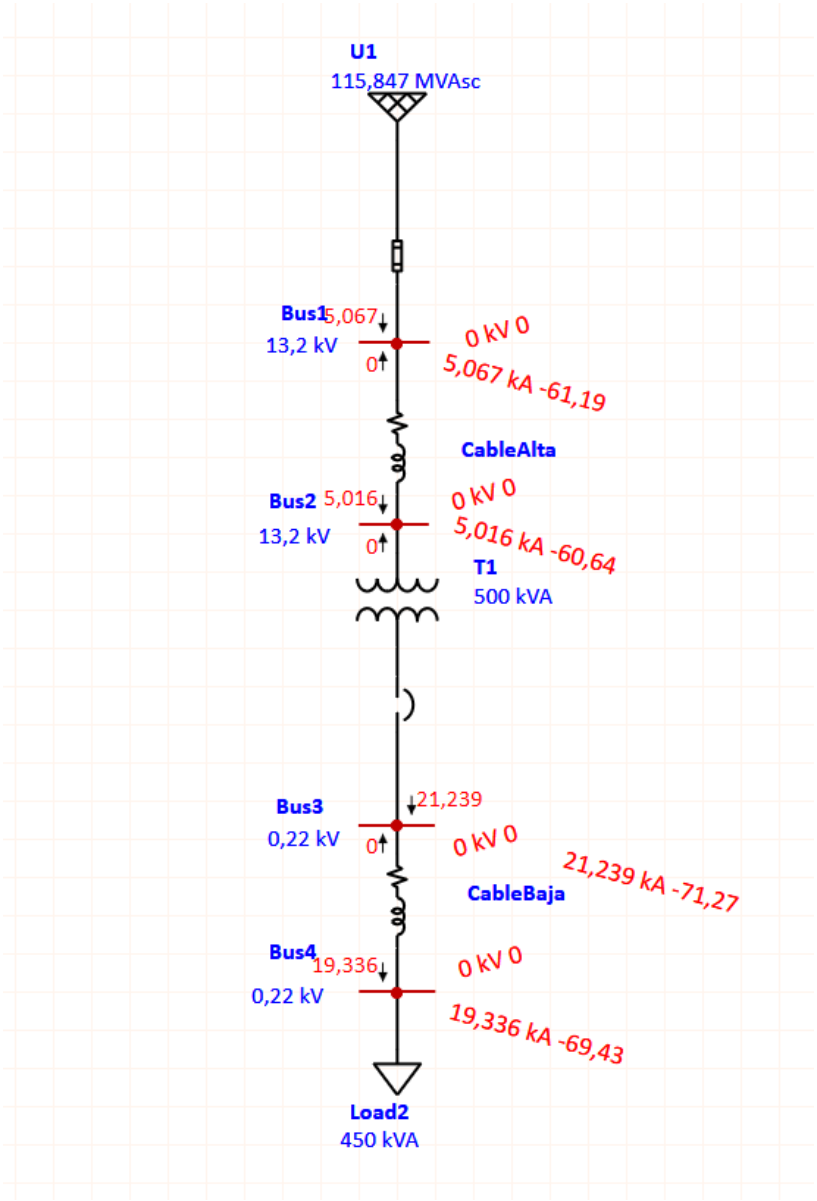
www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com

Carga



607 617 7321
316 024 4149
Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505
www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com

Resultados simulación de Estudio de Cortocircuito



A partir de los resultados anteriores se seleccionan las protecciones necesarias

PROYECTO

RAMA JUDICIAL BARRANCABERMEJA

2023

CONTENIDO

1. Celdas de media tensión SM6 ____ *3*

1.1 Descripción ____ 3

1.2 Normas de fabricación ____ 4

1.3 Características constructivas ____ 4

1.4 Sistema de seccionador ____ 5

1.5 Contactos de posición ____ 6

1.6 Sistema de visualización y seguridad tipo zamak ____ 6

2. Celdas de media tensión SM6 IM 24kV ____ *7*

2.1 Introducción ____ *7*

2.2 Características Generales ____ 7

2.3 Características Eléctricas ____ 8

2.4 Grafico de intensidad de corta duración ____ 8

3. Celda de media tensión GBC-A ____ *9*

3.1 Introducción ____ 9

3.2 Características generales ____ 9

3.3 Características eléctricas ____ 10

3.4 Grafico de intensidad de corta duración ____ 10

4. Celda de media tensión SM6-QM-36kV ____ *11*

4.1 Introducción ____ 11

4.2 Características generales ____ 11

4.3 Características eléctricas ____ 12

4.4 Grafico de intensidad de corta duración ____ 12

1. Celdas de media tensión SM6

1.1 Descripción

Las siguientes especificaciones se aplican a celdas de distribución modular, tipo interior, incluyendo el conjunto de equipos de maniobra y/o protección en celdas compartimentadas.

El equipo a ser suministrado consistirá de celdas alineadas que cumplen los siguientes criterios:

- Diseño evolutivo
- Fácil de instalar
- Seguro y fácil de operar
- Diseño compacto
- Bajo mantenimiento



Tomado de: catálogo SM6 36 kV

La gama de celdas de media tensión SM6 se encuentra compuesta por celdas de carácter modular **Metal Enclosed** segregadas que se encuentran equipadas con equipos fijos o extraíbles, que utilizan un aislamiento de hexafluoruro de azufre **(SF6)** o vacío.

La operación de las celdas **SM6** se encuentra simplificada por la agrupación de todos los mandos sobre un compartimiento frontal el cual va a tener de manera visible su pictograma para una operación sencilla.

Teniendo en cuenta el pictograma se identifica la visualización de la posición del seccionador principal y del seccionador de tierra, la celda SM6 tiene incorporado un sistema de enclavamiento seguro que me garantiza que **nunca** se produzca el cierre simultaneo de los seccionadores principal y de tierra.

Los equipos como el interruptor principal o el seccionador bajo carga y el seccionador de puesta a tierra tienen implementado como medio de corte y extinción del arco la técnica en hexafluoruro de azufre **[SF6]**, el interruptor el medio de corte y extinción del arco también puede ser en vacío.

1.2 Normas de fabricación

Los equipos contemplados son diseñados, fabricados y probados de acuerdo con las siguientes normas:

Tabla 1. Normas para celdas de Media tensión

NORMA	DESCRIPCION
IEC 62271-200	(Antigua IEC 298) celdas compartimentadas AC, con equipo para voltajes nominales de 1 - 52 KV, inclusive.
IEC 60265-1	Seccionadores bajo carga de alta tensión
IEC 62271-102	Seccionadores y cuchillas de puesta a tierra para Alta Tensión en corriente alterna.
IEC 60694	cláusulas comunes para equipos de alto voltaje.
IEC 62271-105	combinaciones seccionador fusible equipos HV en corriente alterna.
IEC 62271-100	Interruptores HV en corriente alterna.
IEC 60282-1	Fusible de Media Tensión.
IEC 60185	Transformadores de corriente.
IEC 60186	Transformadores de voltaje.
IEC 801	Compatibilidad electromagnética para equipos de medida y control de procesos industriales.
IEC 60529	Grados de protección provistos por las envolventes (Código IP)
IEC 60255	Relés de protección eléctricos

1.3 Características constructivas

El equipo cumplirá con los criterios para equipos en celdas compartimentadas, tipo interior, de acuerdo con la norma IEC 62271-200.

Las celdas se diseñarán con cinco compartimientos:

- Compartimiento del equipo.
- Compartimiento del barraje
- Compartimiento de conexión
- Compartimiento del mecanismo de operación
- Compartimiento de baja tensión

Las celdas modulares son fabricadas de manera independiente de los equipos.

El seccionador bajo carga deberá ser instalado horizontalmente en la celda. Las celdas conforman una subestación de distribución que puede ser extendida si es necesario.

Las celdas reunirán los requerimientos de grado de protección IP3X.

La lámina de hierro será pintada para proveer protección contra la corrosión.

La pintura de base epóxica tendrá un espesor de al menos 50 micras y se aplicará a ambos lados de la lámina. El color corresponderá al RAL - 9003
La celda deberá ser apropiada para el montaje sobre cárcamo.

Cada celda llevará una placa de identificación en acrílico con letras apropiadamente dimensionadas, indicando las funciones y características eléctricas de la celda.

Los equipos y la celda modular serán diseñados de tal forma que las posiciones de los dispositivos del equipo serán visibles por el operador desde el frente de la celda.

Las especificaciones de obra civil serán únicas para todas las celdas.

El ancho de la celda será en múltiplos de 375 mm.

De acuerdo con estándares aplicables, las celdas deberán ser diseñadas para prevenir el acceso a todas las partes energizadas tanto en operación como durante trabajos de mantenimiento.

Las celdas deberán cumplir con pruebas sísmicas, en conformidad con lo establecido en la norma IEC 62271- 210, con valores de **0.5g horizontal** y **0.4g vertical, Clase 2.**

La celda debe contar con un **enclavamiento mecánico** que no permite la maniobra de seccionamiento cuando la puesta a tierra está cerrada o viceversa.

La celda debe contar con un **sinóptico animado** el cual cumpla con el criterio de apertura garantizada. La separación de los circuitos es señalizada por un indicador de posición conectado directamente al eje de los contactos del seccionador.

En el caso de sobrepresión accidental dentro del seccionador, está limitada a la apertura de la membrana de seguridad.

El poder de cierre de la cuchilla de puesta a tierra es el mismo que el del seccionador de operación bajo carga. La puesta tierra de las celdas de protección tiene un poder de cierre de 5kA, calibrado en función de las características de los transformadores usuales.

Dispositivos capacitivos son instalados en las celdas indicando siempre la presencia de tensión en las tres fases y su visualización es verificada a través de bombillos de néon los cuales cumplen con la IEE 62271-206, permitiendo así total seguridad al operador.

1.4 Sistema de seccionador

La operación del seccionador de tres posiciones solo puede ser posible cuando el interruptor automático esté abierto.

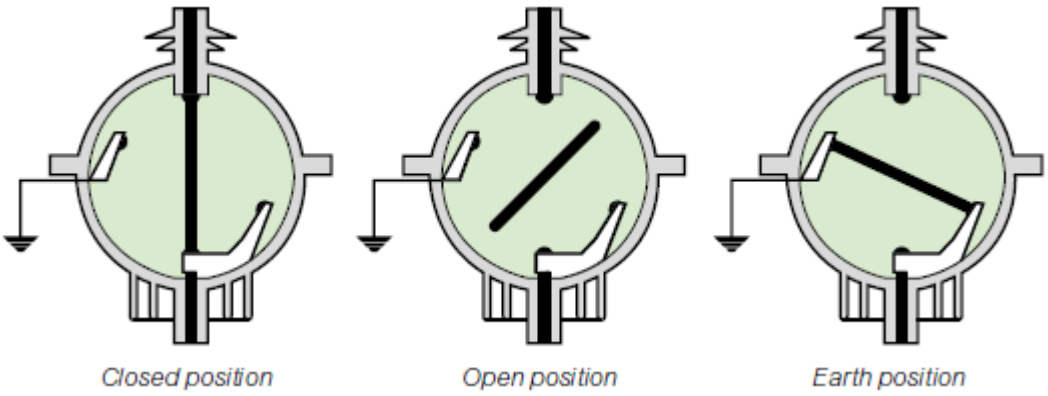
Los seccionadores usarán gas de baja presión SF6 para la interrupción de corriente y no requerirá mantenimiento.

El seccionador será instalado horizontalmente dentro de la celda y la posición de los contactos principales y los contactos de tierra serán claramente visibles desde el frente de la celda.

El indicador de posición será colocado directamente sobre el eje de operación de los contactos.

La envolvente del seccionador deberá ser fabricada en resina epóxica.

Los seccionadores serán del tipo de alta frecuencia de operación de acuerdo con los parágrafos 3.104 de las recomendaciones IEC 265 - 1. Ellos tendrán tres posiciones (cerrado, abierto y aterrizado) y serán completamente ensamblados y probados antes de dejar la fábrica.



La presión relativa del gas SF6 dentro de la envoltura no excederá 1 bar (1000h Pa).

La envolvente será del tipo “sistema de sellado a presión” definido por la recomendación IEC 60298 actualizado de 1990 - 12 (apéndice G, parágrafo 2.3 y 3.3), con una vida de servicio de al menos 30 años. Ningún rellenado de gas será requerido en éste período.

Las maniobras mecánicas del mecanismo de operación del seccionador deben asegurar mínimo 1000 operaciones.

El seccionador debe ajustarse a lo establecido en las publicaciones de la IEC, en particular la Norma IEC 62271-102 y sus complementarias.

1.5 Contactos de posición

La celda de media tensión debe contar con contactos de posición del seccionador brindando la información de apertura, cierra y a tierra, estos contactos deben ser tipo resorte con platinas metálicas de ½ pulgada de ancho como mínimo.

Los contactos de posición deben ser de fácil instalación y es indispensable que vengan asociados mecánicamente a la placa de accionamientos del seccionador, su instalación no puede inhibir ninguna función al sistema y tampoco debe generar ninguna afectación.

Los contactos de posición deben tener la posibilidad de expandirse mecánicamente solo agregando los “F-C”, no se puede usar relevos u otro equipo eléctrico que brinde la posibilidad de expandir los contactos.

1.6 Sistema de visualización y seguridad tipo zamak

La celda de media tensión debe contar con este sistema de visualización y seguridad de control para su correcto funcionamiento y operación. Es indispensable que este fabricado en una placa de acrílico de mínimo 2mm la cual permitirá su fácil mantenimiento, cambio o alguna modificación.

Cada celda debe contar con este sistema el cual estará asociado a cada uno de los seccionadores de las diferentes celdas por lo tanto cada celda vendrá con su respectiva marcación y señalización con su sistema independiente.

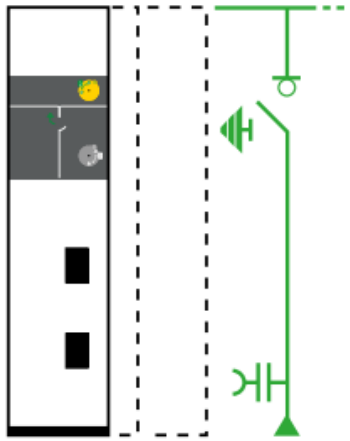
El sistema será accionado por un mecanismo tipo palanca manual el cual es indispensable que este unido ya sea por medio de pernos de seguridad con la cuchilla de tierra, el accionamiento de este mecanismo me dará la fácil visualización tipo led de cada uno de los momentos en los cuales se encuentra en operación la celda.

2. Celdas de media tensión SM6 IM 24kV

2.1 Introducción

La celda se encuentra disponible hasta una tensión de 24 kV. Esta celda implementada para seccionamiento de llegada o salida de línea.

La celda cuenta con 3 kits de interconexión inferior con su acople de barra superior y su sistema de sujeción para acometidas de MT



IM
Switch unit
SM6-24: 375 or 500 mm
SM6-36: 750 mm

Tomado de: *Tomado de: catálogo SM6 24 kV*

2.2 Características Generales

Es una celda de media tensión la cual se compone internamente de los siguientes equipos:

Tabla 2. Características generales

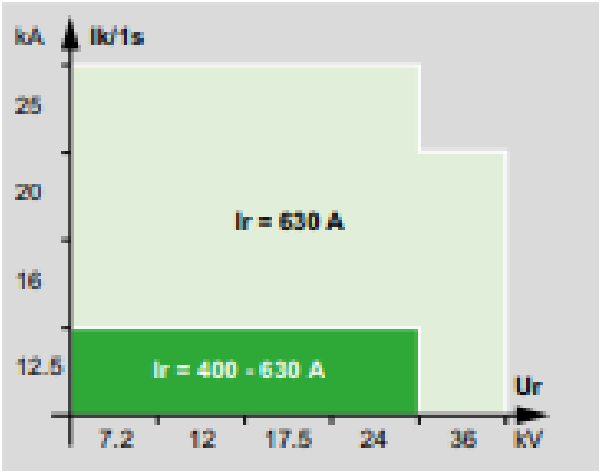
ITEM	EQUIPO	CARACTERÍSTICAS
1	Seccionador de operación bajo carga	630 A aislamiento [SF6]. De tres posiciones (Conectado – Desconectado – Tierra)
2	Juego de barras tripolar	Conexión superior a 630 A
3	Mando manual	Para seccionador manual
4	Dispositivo de bloque	3 lámparas de presencia de tensión
5	Bornes	Conexión para conexión de cable XLPE
6	Complemento	Resistencia de calefacción
7	Seccionador de puesta a tierra	Ubicación superior en aislamiento SF6

2.3 Características Eléctricas

Rated voltage	Ur	kV		7.2	12	17.5	24	36
Insulation level								
Insulation	Ud	50/60 Hz, 1 min (kV rms)		20	28	38	50	70
Isolation	Ud	50/60 Hz, 1 min (kV rms)		23	32	45	60	80
Insulation	Up	1.2/50 µs (kV peak)		60	75	95	125	170
Isolation	Up	1.2/50 µs (kV peak)		70	85	110	145	195
Breaking capacity								
Transformer off load		A		16				
Cables off load		A		31.5				50
Rated current	Ir	A		400 - 630 -1250				630-1250
Short-time withstand current	Ik/tk (1)	kA/1 s	25	630 - 1250				1250
			20 (2)	630 - 1250				
			16	630 - 1250				
			12.5	400 - 630 - 1250				630-1250
Making capacity (50 Hz)	Ima	kA	62.5	630		NA		
			50	630				
			40	630				
			31.25	400 - 630				630
Maximum breaking capacity (Isc)								
Units IM, IMC, IMB, IMM (4)		A		630 - 800 (3)				630

Tomado de: Tomado de: catálogo SM6 36 kV

2.4 Grafico de intensidad de corta duración

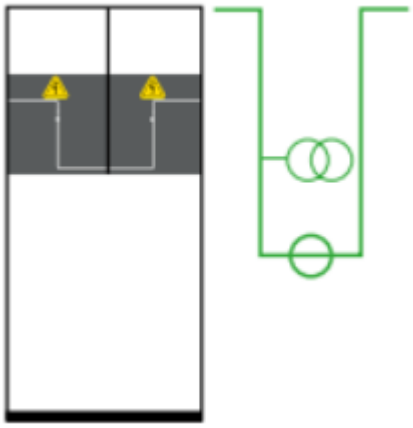


Tomado de: *Tomado de: catálogo SM6 36 kV*

3. Celda de media tensión GBC-A

3.1 Introducción

La celda se encuentra disponible hasta 36 kV. Es implementada para medida de parámetros eléctricos, ya sea utilizada como remonte de barras, entrada por barras y salida por barras.



Tomado de: catálogo SM6 24 kV

3.2 Características generales

Es una unidad de celda que se compone internamente de los siguientes equipos:

Tabla 3. Características generales

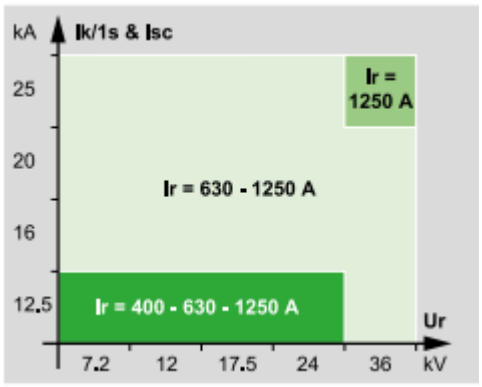
ITEM	EQUIPO	CARACTERÍSTICAS
1	Barraje	1 juego tripolar de barras
2	Transformadores de corriente	3 CT's
3	Transformadores de Potencial	3 PT's
4	Caja de baja tensión	Instalación de contadores o equipos de medida.
5	Medidor	Potencia activa: Clase 0.5 S
		Potencia reactiva: Clase 2

3.3 Características eléctricas

Rated voltage	Ur	kV		7.2	12	17.5	24	36
Insulation level								
Insulation	Ud	50/60 Hz, 1 min (kV rms)		20	28	38	50	70
Isolation	Ud	50/60 Hz, 1 min (kV rms)		23	32	45	60	80
Insulation	Up	1.2/50 µs (kV peak)		60	75	95	125	170
Isolation	Up	1.2/50 µs (kV peak)		70	85	110	145	195
Breaking capacity								
Transformer off load		A		16				
Cables off load		A		31.5				50
Rated current	Ir	A		400 - 630 -1250				630-1250
Short-time withstand current	Ik/tk (1)	kA/1 s	25	630 - 1250				1250
			20 (2)	630 - 1250				
			16	630 - 1250				
			12.5	400 - 630 - 1250				630-1250
Making capacity (50 Hz)	Ima	kA	62.5	630		NA		
			50	630				
			40	630				
			31.25	400 - 630				630

Tomado de: *Tomado de: catálogo SM6 24 kV*

3.4 Grafico de intensidad de corta duración

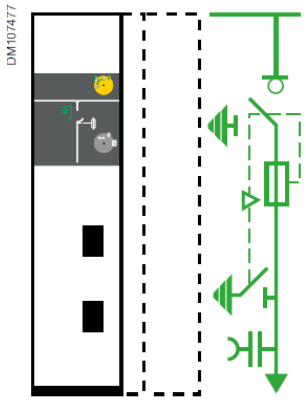


Tomado de: *Tomado de: catálogo SM6 24 kV*

4. Celda de media tensión SM6-QM-24kV

4.1 Introducción

La celda se encuentra disponible hasta 36 kV. Es implementada como protección de circuitos de línea o de transformador por medio de un seccionador bajo carga combinado con la protección por fusible.



QM
Fuse-switch combination unit
SM6-24: 375 or 500 mm
SM6-36: 750 mm

Tomado de: catálogo SM6 24 kV

4.2 Características generales

Es una unidad de celda que se compone internamente de los siguientes equipos:

Tabla 4. Características generales

ITEM	EQUIPO	CARACTERÍSTICAS
1	Barraje	1 juego tripolar de barras
2	Seccionador de operación bajo carga	630 A. En aislamiento SF6.
3	Seccionador de puesta a tierra	• Ubicación superior en aislamiento SF6. • Ubicación inferior en aislamiento de aire.
4	Caja de baja tensión	Instalación de contadores o equipos de medida.
5	Sistema de varillaje	Para disparo tripolar por fusión de fusible.
6	3 bases portadoras	Para fusibles tipo HH norma DIN 36 kV.
7	3 bornes	Para conexión de cable XLPE.

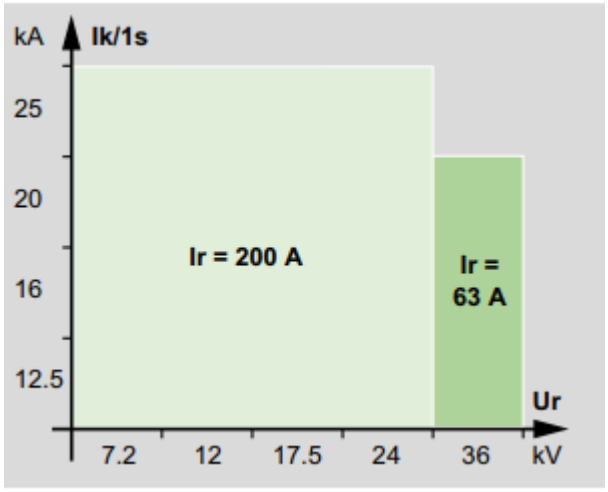
4.3 Características eléctricas

Electrical characteristics

Rated voltage	Ur	kV		7.2	12	17.5	24	36
Insulation level								
Insulation	Ud	50/60 Hz, 1 min (kV rms)		20	28	38	50	70
Isolation	Ud	50/60 Hz, 1 min (kV rms)		23	32	45	60	80
Insulation	Up	1.2/50 µs (kV peak)		60	75	95	125	170
Isolation	Up	1.2/50 µs (kV peak)		70	85	110	145	195
Breaking capacity								
Transformer off load		A		16				
Cables off load		A		31.5				50
Rated current	Ir	A		400 - 630 -1250				630-1250
Short-time withstand current	Ik/tk (1)	kA/1 s	25	630 - 1250				1250
			20 (2)	630 - 1250				
			16	630 - 1250				
			12.5	400 - 630 - 1250				630-1250
Making capacity (50 Hz)	Ima	kA	62.5	630		NA		
			50	630				
			40	630				
			31.25	400 - 630				630
Maximum breaking capacity (Isc)								
Units IM, IMC, IMB, IMM (4)		A		630 - 800 (3)				630
NSM-cables, NSM-busbars		A		630 - 800 (3)				NA
QM, QMC, QMB		kA		25		20		20

Tomado de: catálogo SM6 24 kV

4.4 Grafico de intensidad de corta duración



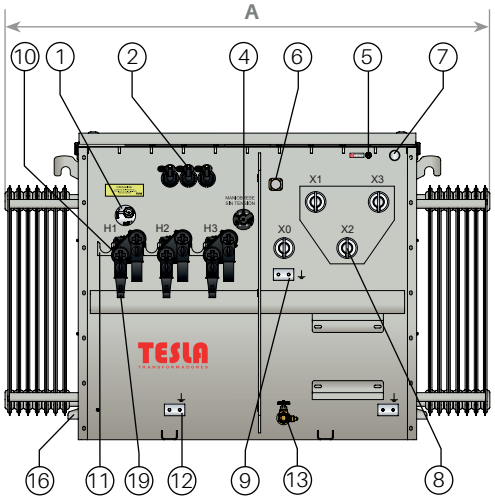
Tomado de: catálogo SM6 36 kV

TRANSFORMADOR TRIFÁSICO TIPO PEDESTAL RADIAL SERIE 15 / 1,2 kV DE ACUERDO A NORMA IEEE C57.12.34 Y NTC 3997 (LOAD BREAK - PROTECCIÓN FUSIBLE DE EXPULSIÓN Y FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE)

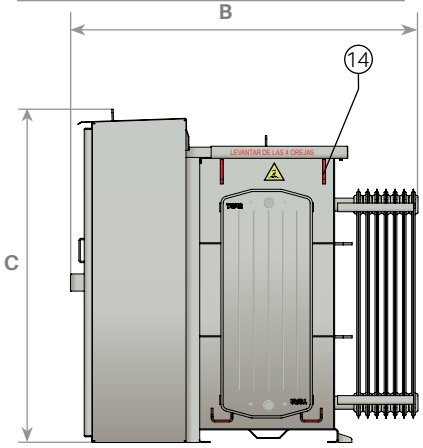
Nota: los diseños son propiedad legal de Nacional de Transformadores S.A.S - Tesla debido a su marca registrada. Se prohíbe el uso total o parcial del diseño de Tesla sin previa autorización de Nacional de transformadores SAS-Tesla.



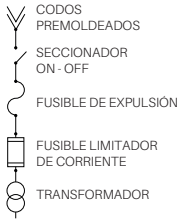
VISTA FRONTAL



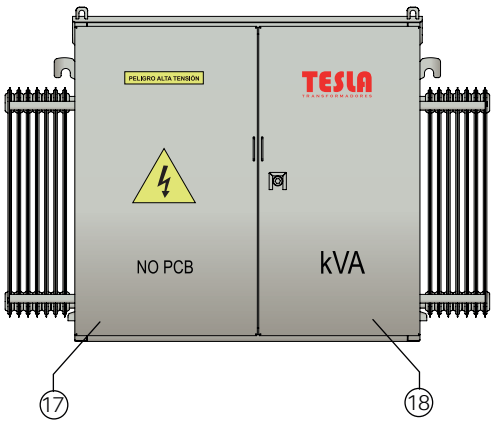
VISTA LATERAL



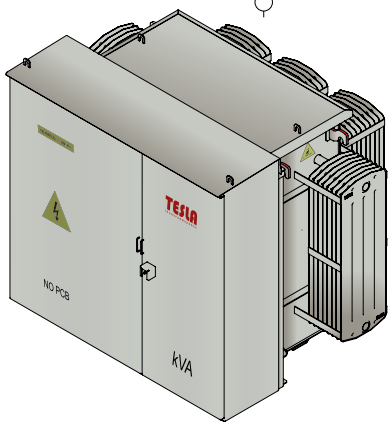
CONEXIÓN



VISTA SUPERIOR



ISOMETRICO



POTENCIA (kVA)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	PESO(kg)	IMPEDANCIA A 85°C (%)	DURACIÓN CC(seg)	ICC SIMÉTRICA N°DE VECES IN. SECUNDARIO	PÉRDIDAS DEVANADOS (W) 85°C	PÉRDIDAS HIERRO Po (W)	EFICIENCIA (55°C)(*) (%)	NIVEL DE RUIDO (**) (dB)
30	1300	1100	1140	540	3	1,13	33,3	515	135	98,35	48
45	1300	1100	1140	620	3	1,13	33,3	710	180	98,50	48
75	1300	1100	1140	690	3,5	1,53	28,6	1090	265	98,65	51
112,5	1300	1100	1200	730	3,5	1,53	28,6	1540	365	98,74	55
150	1300	1280	1240	930	4	2	25	1960	450	98,82	55
225	1400	1380	1280	1140	4	2	25	2890	615	98,88	55
300	1400	1390	1300	1360	4,5	2	22,2	3675	765	98,94	55
400	1400	1460	1400	1580	4,5	2	22,2	4730	930	99,01	56
500	1400	1490	1470	1870	5	2	20	5780	1090	99,05	56
630	1920	1520	1520	2280	5	2	20	7140	1285	99,08	57
800	2200	1650	1520	2790	5	2	20	8900	1520	99,12	58
1000	2310	1690	1580	3300	5	2	20	11100	1780	99,15	58
1250	2430	1730	1630	3810	6	2	16,7	13500	2090	99,18	60
1600	2540	1770	1690	4320	6	2	16,7	16700	2520	99,22	61
2000	2650	1810	1760	4830	6	2	16,7	20400	3010	99,24	61

(*) Niveles de eficiencia calculados a temperatura de referencia de 55°C, con factor de carga del 50% y factor de potencia = 1 (La eficiencia calculada esta de acuerdo a las eficiencias establecidas en la columna D de la norma NTC 819 quinta actualización).
(**) Nivel de presión sonora NTC 5978.
(***) Cantidad de perforaciones en terminales de BT de acuerdo a estandar de fabricación y norma de referencia (NTC 3997).

Notas

- Por cambios en la tecnología y métodos de fabricación, las dimensiones pueden cambiar sin previo aviso, tolerancias ± 10%.
- Accesorios adicionales como DPS, termómetro de aceite, válvula de sobre presión de contactos, nivel magético, termómetro de devanados, se cotizan a solicitud del cliente con costo adicional.
- Para voltajes 7620-4160-2400V la tensión serie y el BIL cambian, consultar con fábrica.
- El aceite vegetal genera costo adicional.
- Las medidas son aproximadas para planos definitivos consultar con fábrica.

Tensión serie (kV)	15 / 1,2
Voltaje primario (V)	13800 / 13200 11400
Voltaje Secundario (V)	Hasta 800
Fases	3
Montaje	Exterior
Frecuencia (Hz)	60
Grupo de conexión	Dyn-
Cambio de Taps	(+1-3) x 2,5 % o (+2-2) x 2,5% Bajo pedido
Calentamiento devanado (°C)	65
BIL (kV)	95 / 30
Refrigeración	ONAN / KNAN
Clase de aislamiento	Ao
Líquido aislante	Aceite Mineral / Vegetal

Partes constitutivas

1 Seccionador On-Off.
2 Conjunto soporte fusible de expulsión
3 Fusible limitador de corriente (interno).
4 Conmutador de derivación sin tensión.
5 Válvula de alivio de sobrepresión.
6 Nivel de aceite.
7 Dispositivo de llenado
8 Terminales de baja tensión.
9 Terminales de puesta a tierra y neutro.
10 Terminales de alta tensión tipo premoldeado.
11 Soporte de parqueo.
12 Terminal para puesta a tierra.
13 Válvula de recirculación y drenaje.
14 Dispositivo de izar.
15 Placa de características (internamente).
16 Dispositivo de gateo.
17 Puerta primaria (alta tensión).
18 Puerta secundaria (baja tensión).
19 DPS 15 kV *(a solicitud del cliente)*
20 Terminales tipo porcelana Frente Vivo *(a solicitud del cliente)*

icontec ISO 9001

IQNet CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM

TR-CO17/7452

607 617 7321
316 024 4149
Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505
www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com

Montaje de Diseño de Sistema de puesta a tierra en ETAP

Con el objetivo de llevar a cabo el diseño del sistema de puesta a tierra, se emplea el programa ETAP, el cual posibilita la realización de los cálculos requeridos por la normativa y, al mismo tiempo, permite llevar a cabo la simulación del sistema.

Iniciamos colocando las características del terreno planteadas anteriormente en el programa, las cuales son las siguientes:

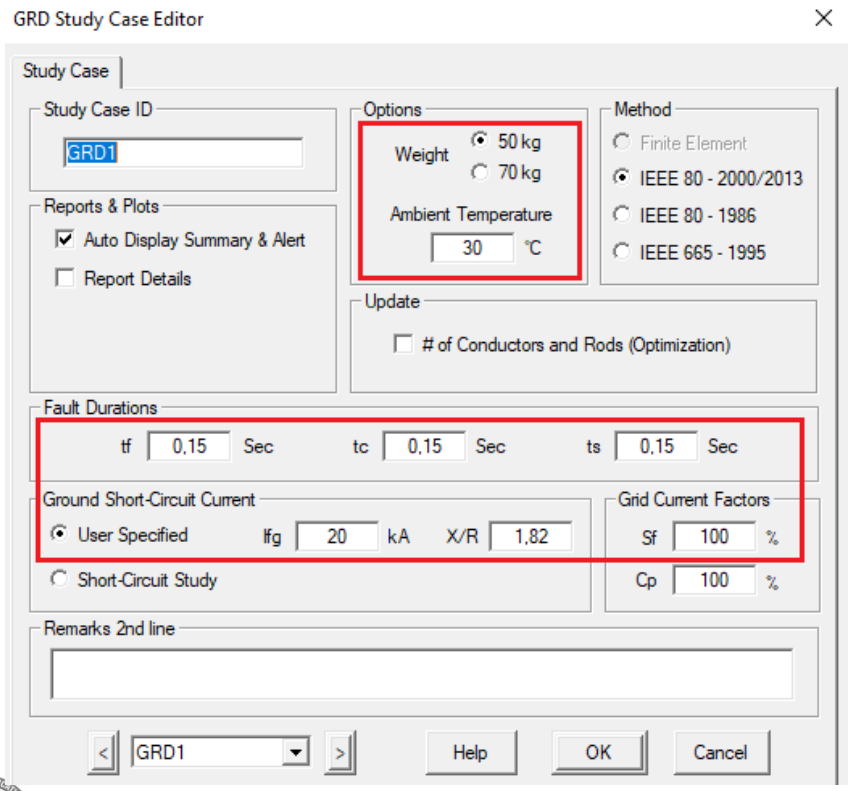
Tiempo de respuesta ante falla: 0.15 (s)

Corriente de cortocircuito: 20 (kA)

Temperatura ambiente: 30 (°C)

Peso: 50 (Kg)

X/R: 1.82



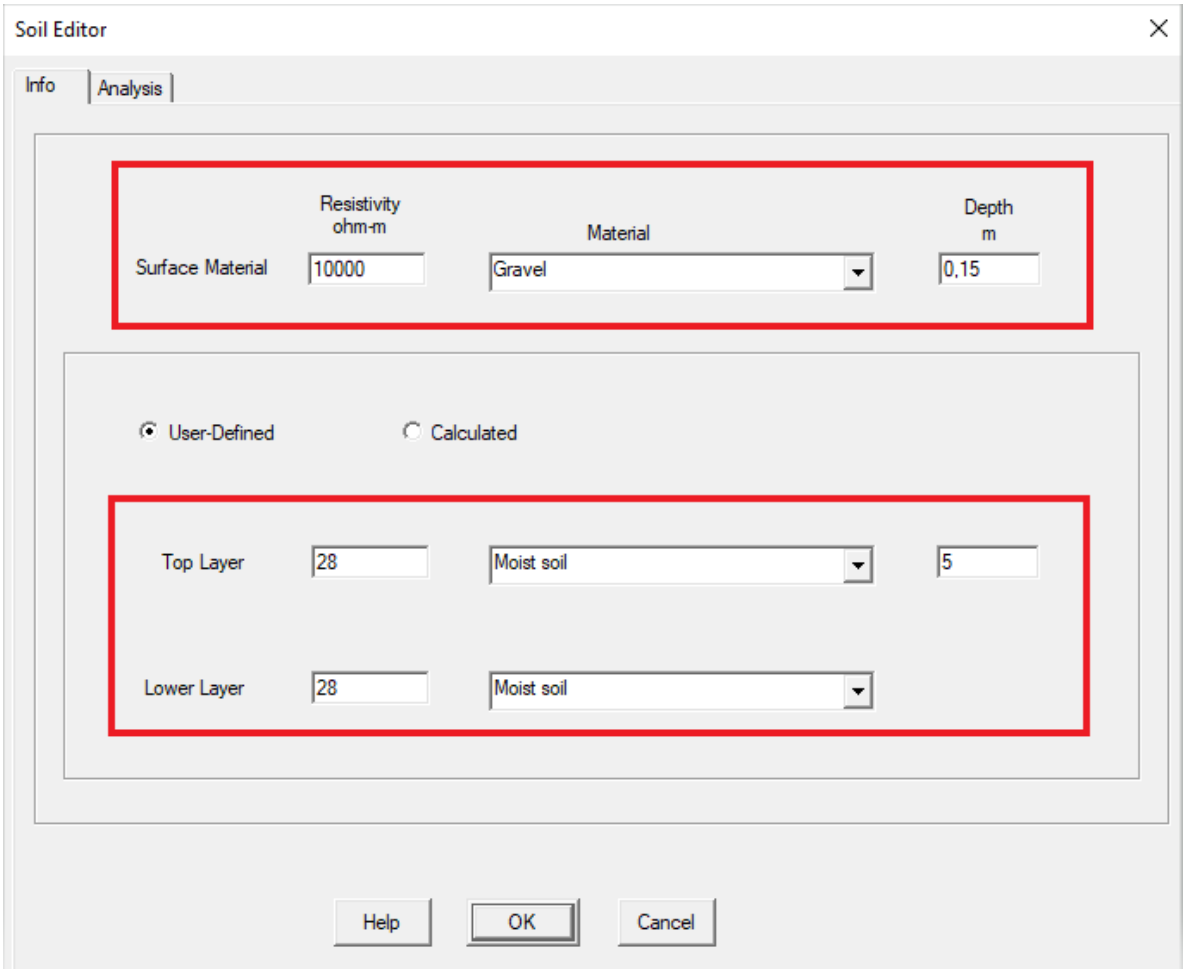
607 617 7321
316 024 4149
Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505
www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com

Para la resistividad del terreno tenemos:

Resistividad de la grava: 1000 (Ω/m)

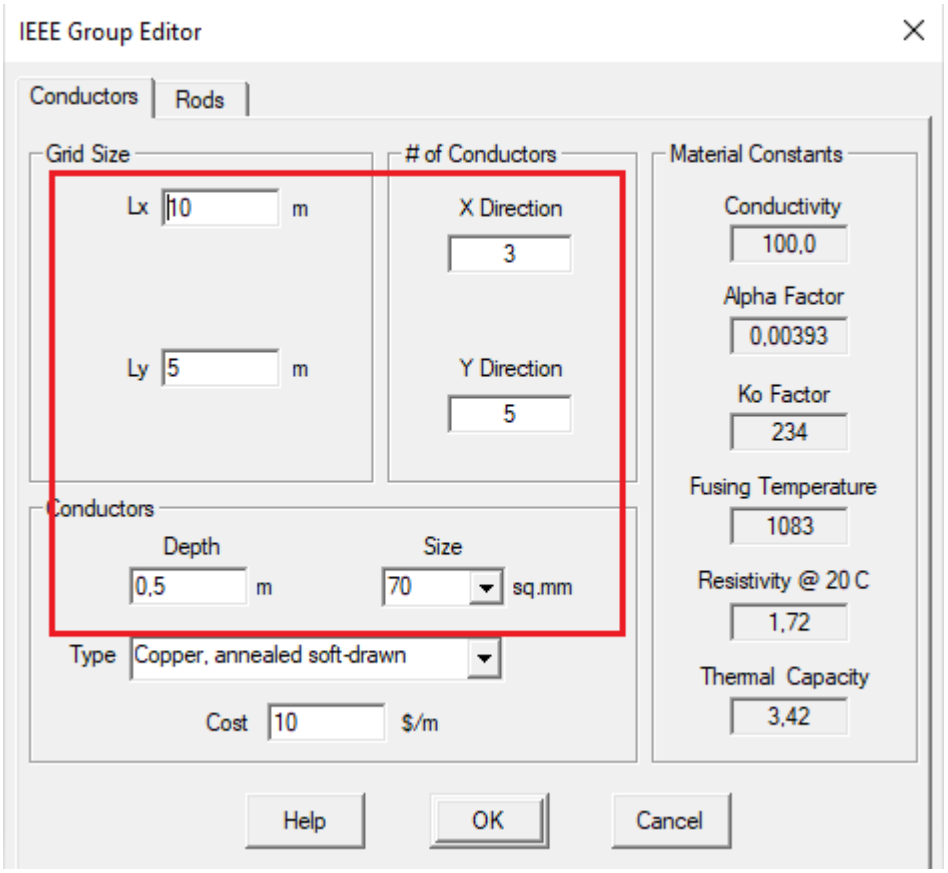
Profundidad de la grava: 15 (cm)

Resistividad del terreno: 28 (Ω/m)



607 617 7321
316 024 4149
Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505
www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com

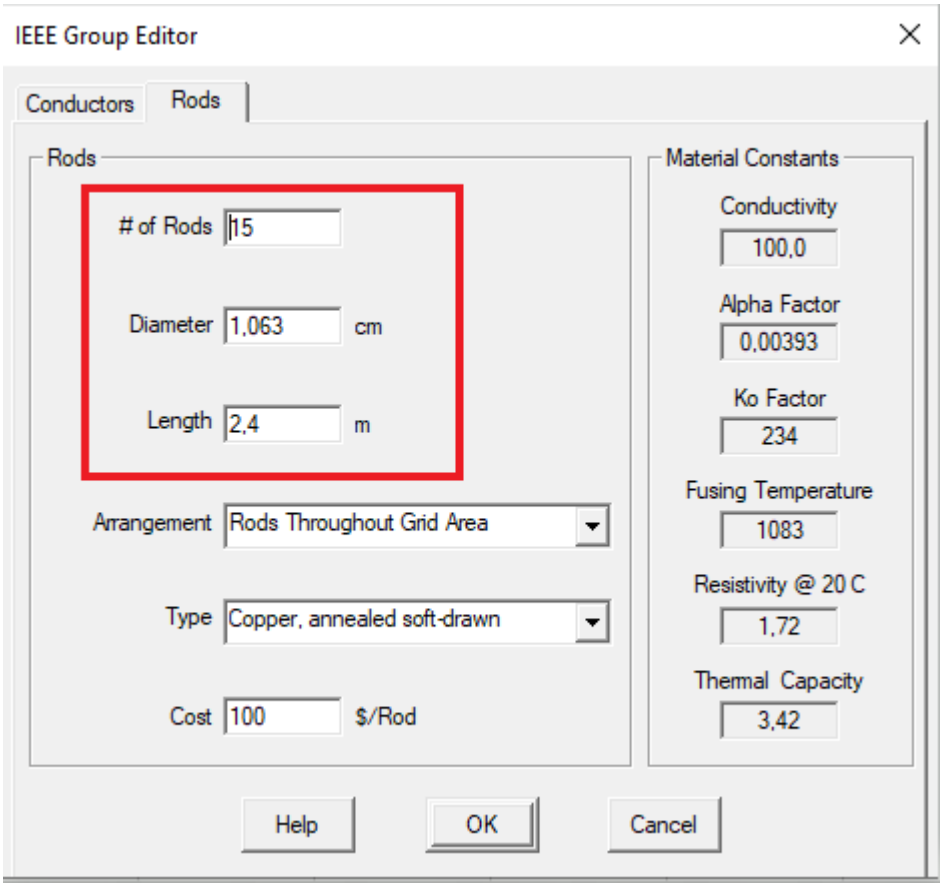
Procedemos a ingresar al programa los datos anteriormente hallados mediante los cuales tendríamos un sistema de puesta a tierra apto de la siguiente manera:



607 617 7321
316 024 4149

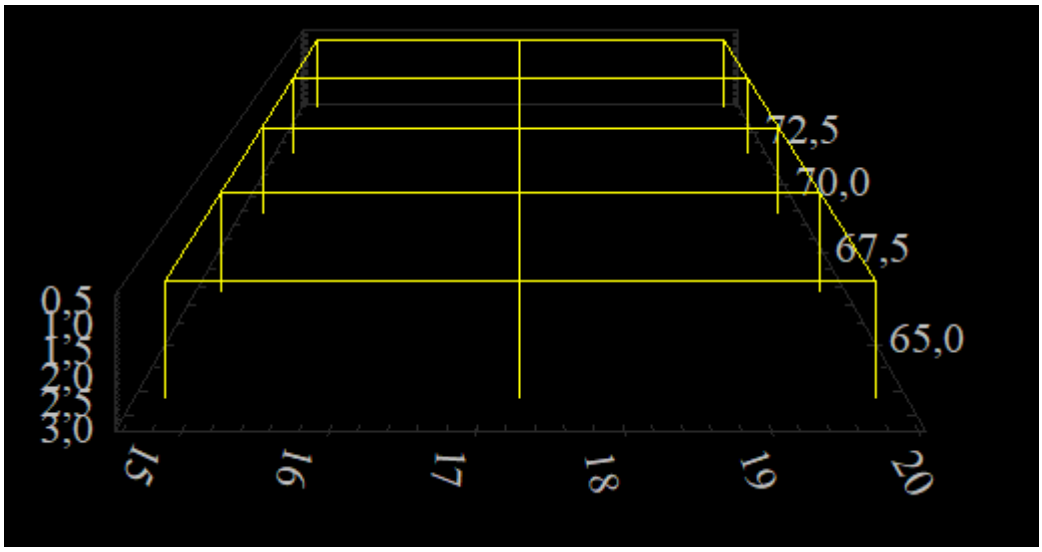
Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505

www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com

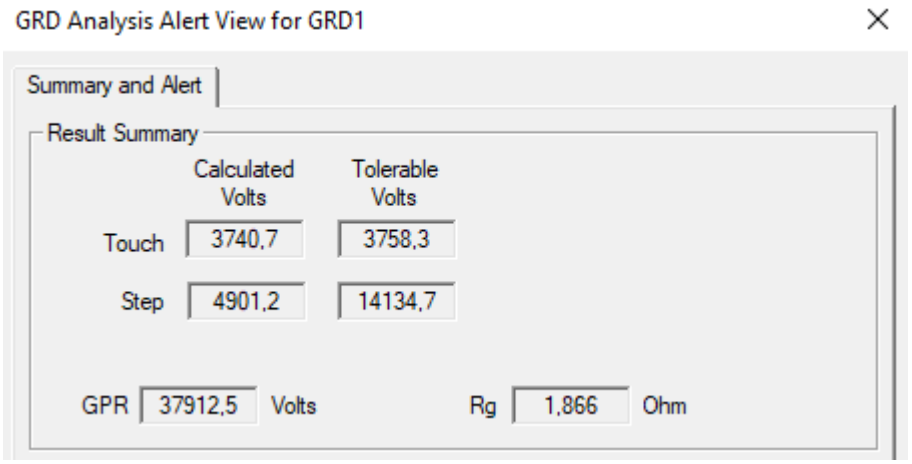


607 617 7321
316 024 4149
Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505
www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com

Con estos datos obtenemos el siguiente sistema de puesta a tierra



El cual ante condición de falla obtiene los siguiente resultados



Podemos observar que tanto las tensiones de paso como de contacto son menores a las tolerables, por lo tanto, cumple la normativa ANSI.

TRAMO	*DESCRIPCIÓN*	*LONGITUD [km]*	*CARGA INSTALADA [kVA]*	*TIPO DE SISTEMA*	*TENSIÓN DE LINEA VL [kV]*	*CORRIENTE I_max [A]*	*FP*	*MOMENTO [KVA-m]*	*MATERIAL*	*CALIBRE*	*CANTIDAD*	*FACTOR DE CARGA*	*RESISTENCIA R_AC [Ω/km]*
1	Punto de conexión hasta Celdas de Media Tensión	0,04	500	Trifásico	13,2	21,87	0,9	20	Cu	2	1	1	0,67
2	TRF hasta TGBT	0,02	500	Trifásico	0,22	1312,16	0,9	10	Cu	750	5	1	0,10

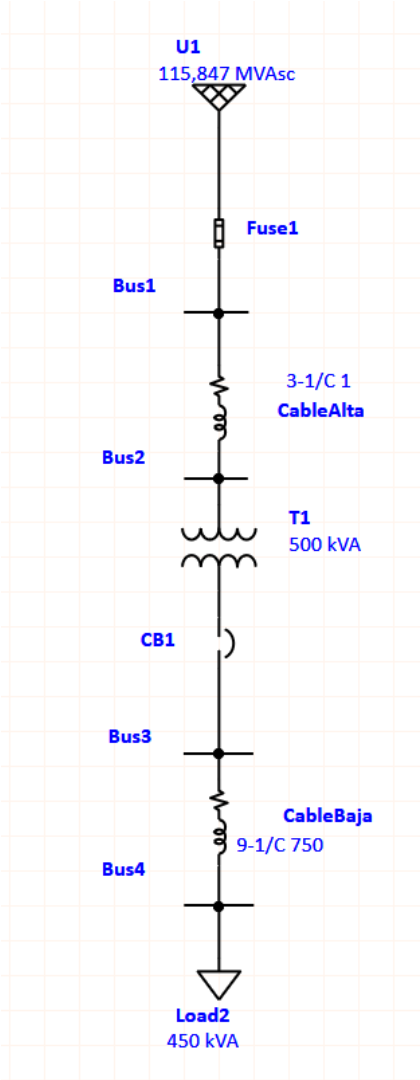
REACTANCIA X_AC [Ω/km]	*PÉRDIDAS ACTIVA [W]*		*PÉRDIDAS REACTIVA [VAR]*	
	Parcial	*Acumulada*	*Parcial*	*Acumulada*
0,177	38,29	38,29	10,16	10,16
0,168	2059,92	2098,20	3471,07	3471,07

607 617 7321
316 024 4149
Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505
www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com

Montaje de Coordinación de protecciones en ETAP

Con el objetivo de llevar a cabo el estudio de coordinación de protecciones se emplea el programa ETAP mediante el cual se realizará la simulación del mismo.

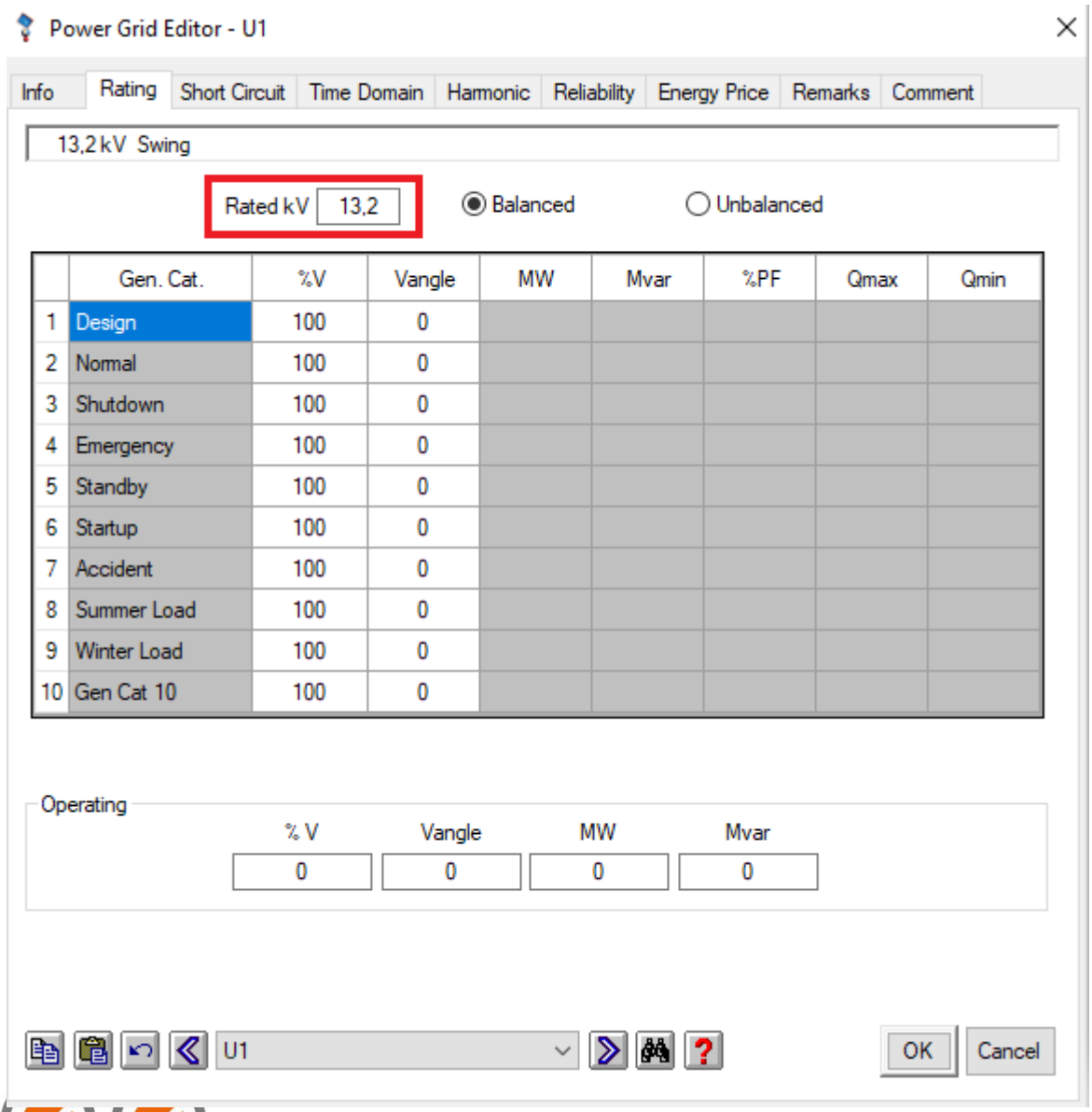
Iniciamos ubicando y conectando todos los dispositivos del sistema de potencia, dando como resultado el siguiente diagrama:



607 617 7321
316 024 4149
Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505
www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com

Luego procedemos a darle las especificaciones del proyecto a cada uno de los componentes como se puede observar en las siguientes imágenes:

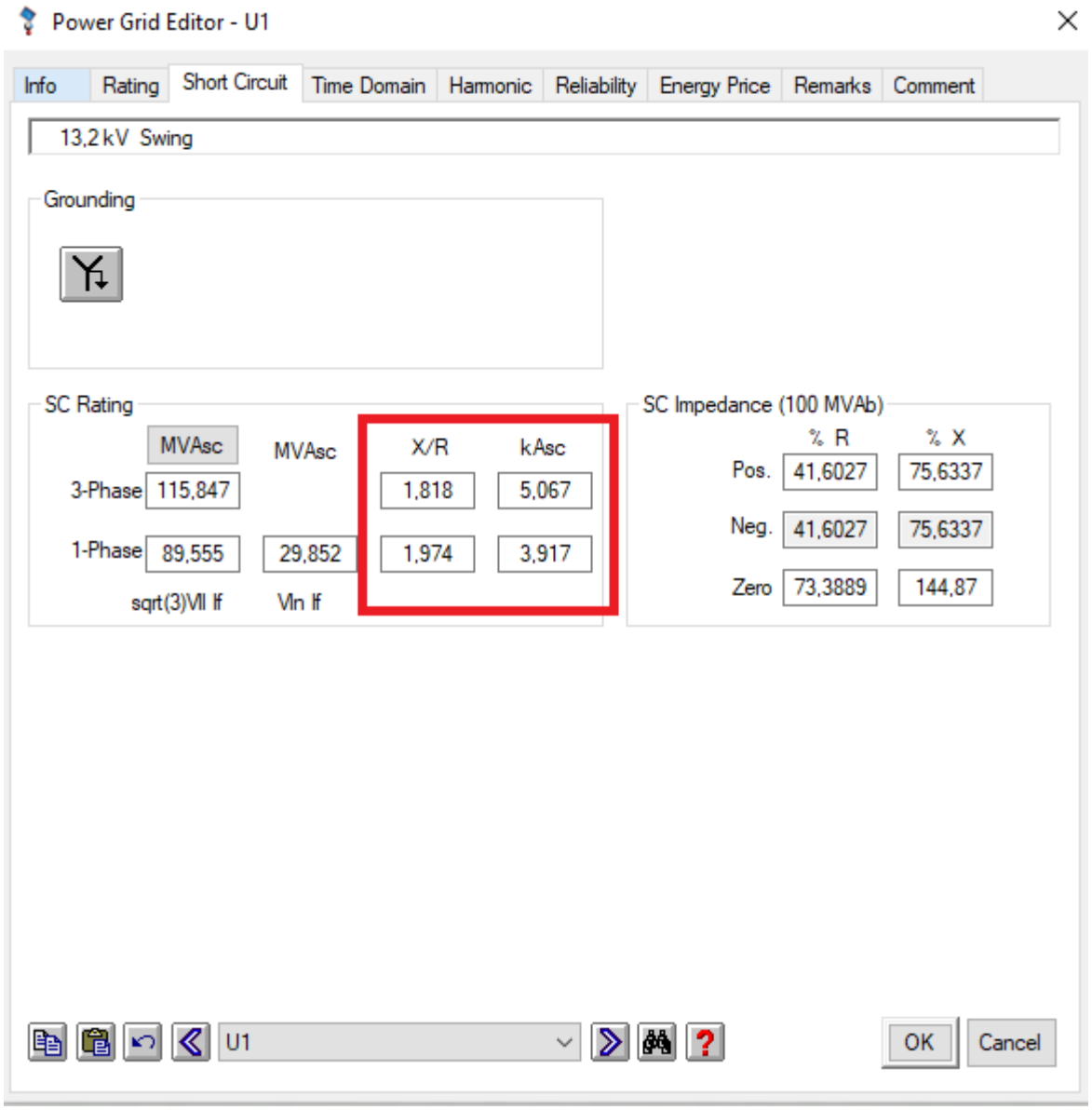
Punto de Conexión



607 617 7321
316 024 4149

Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505

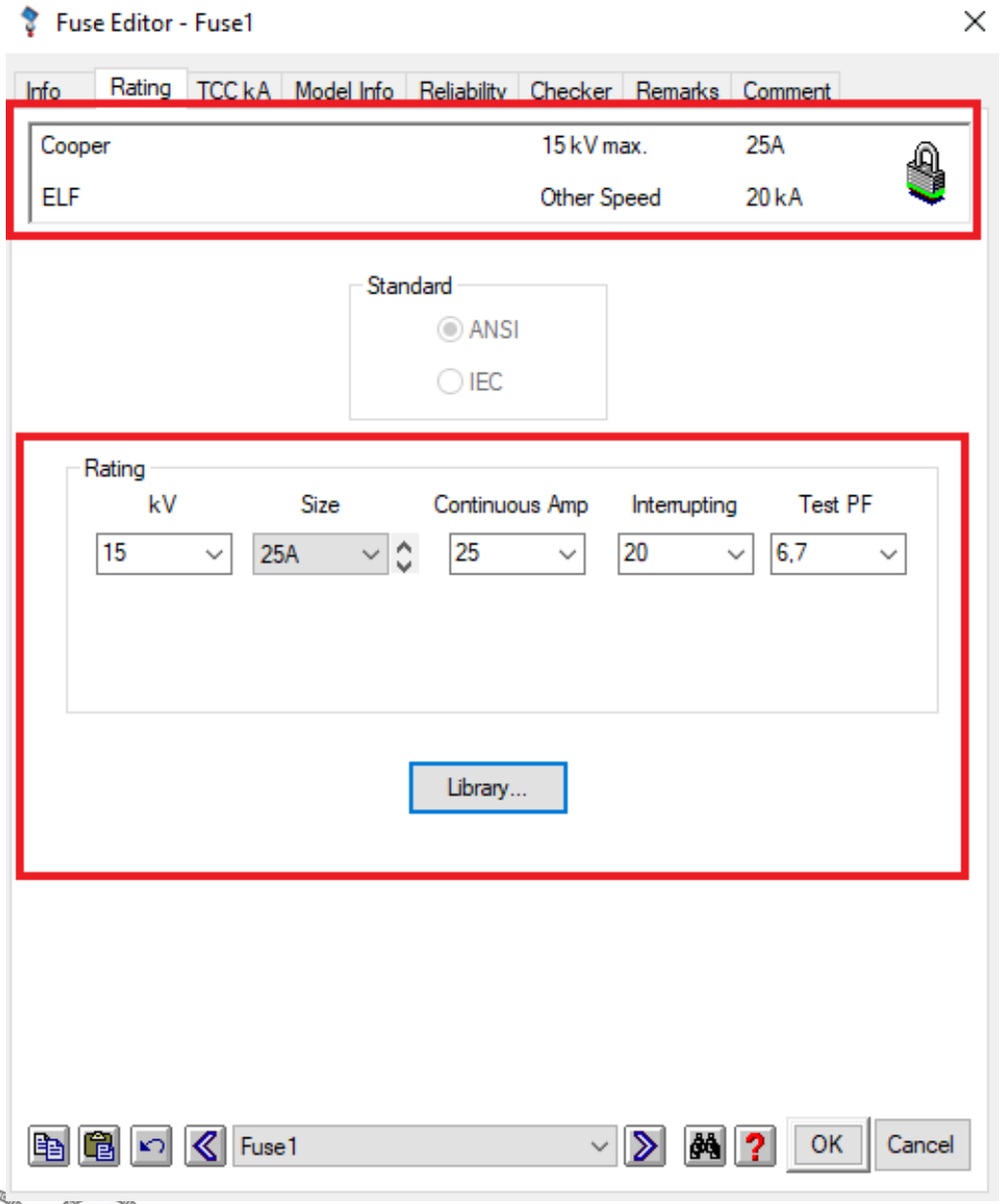
www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com



SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

607 617 7321
316 024 4149
Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505
www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com

Fusible

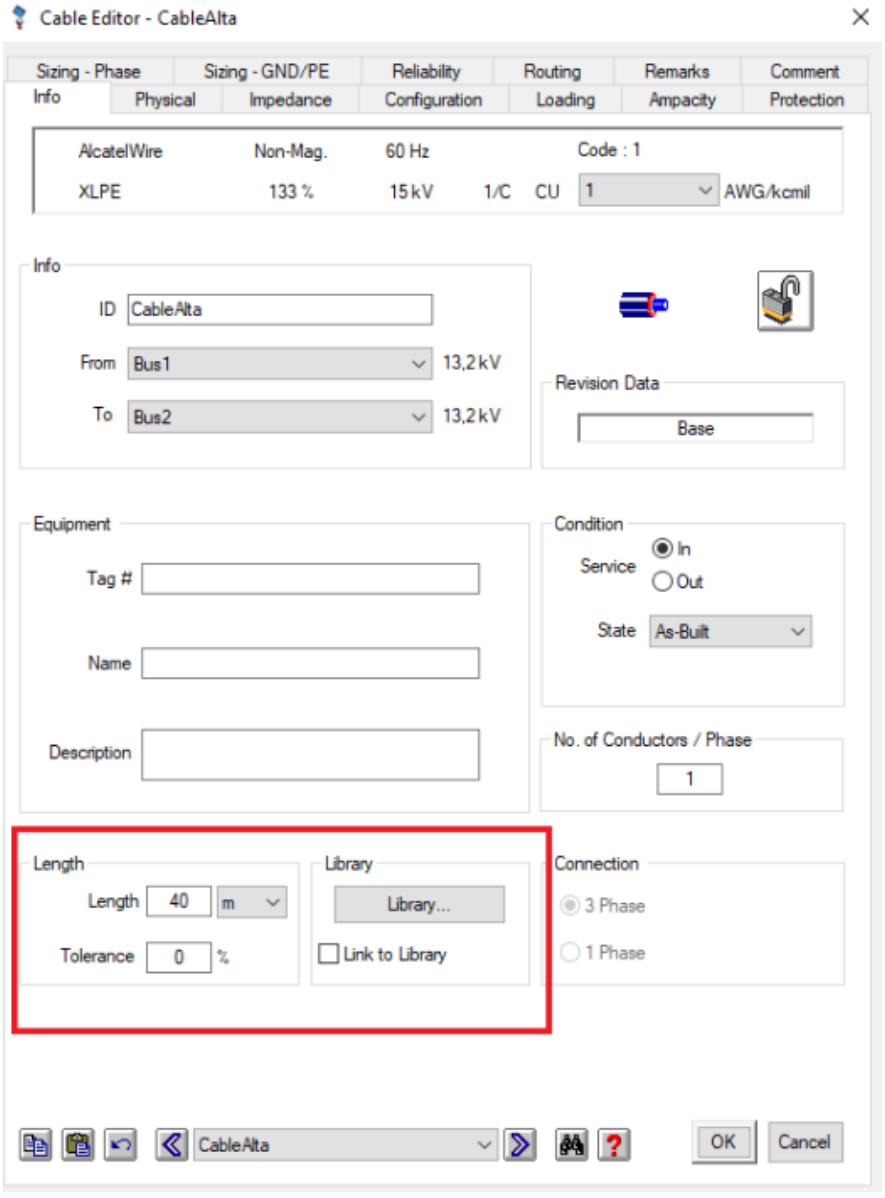


607 617 7321
316 024 4149

Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505

www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com

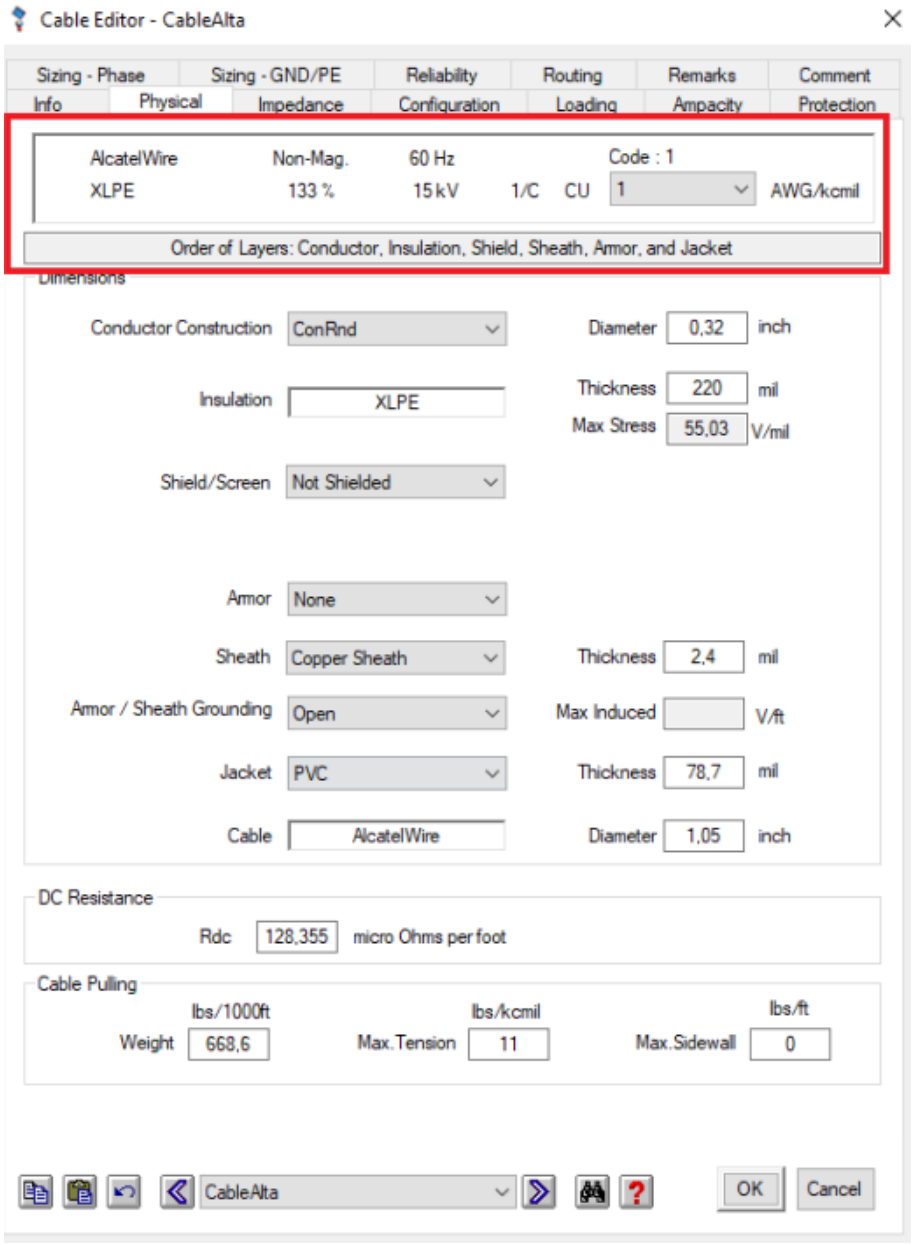
Cable de Alta



607 617 7321
316 024 4149

Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505

www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com



SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD

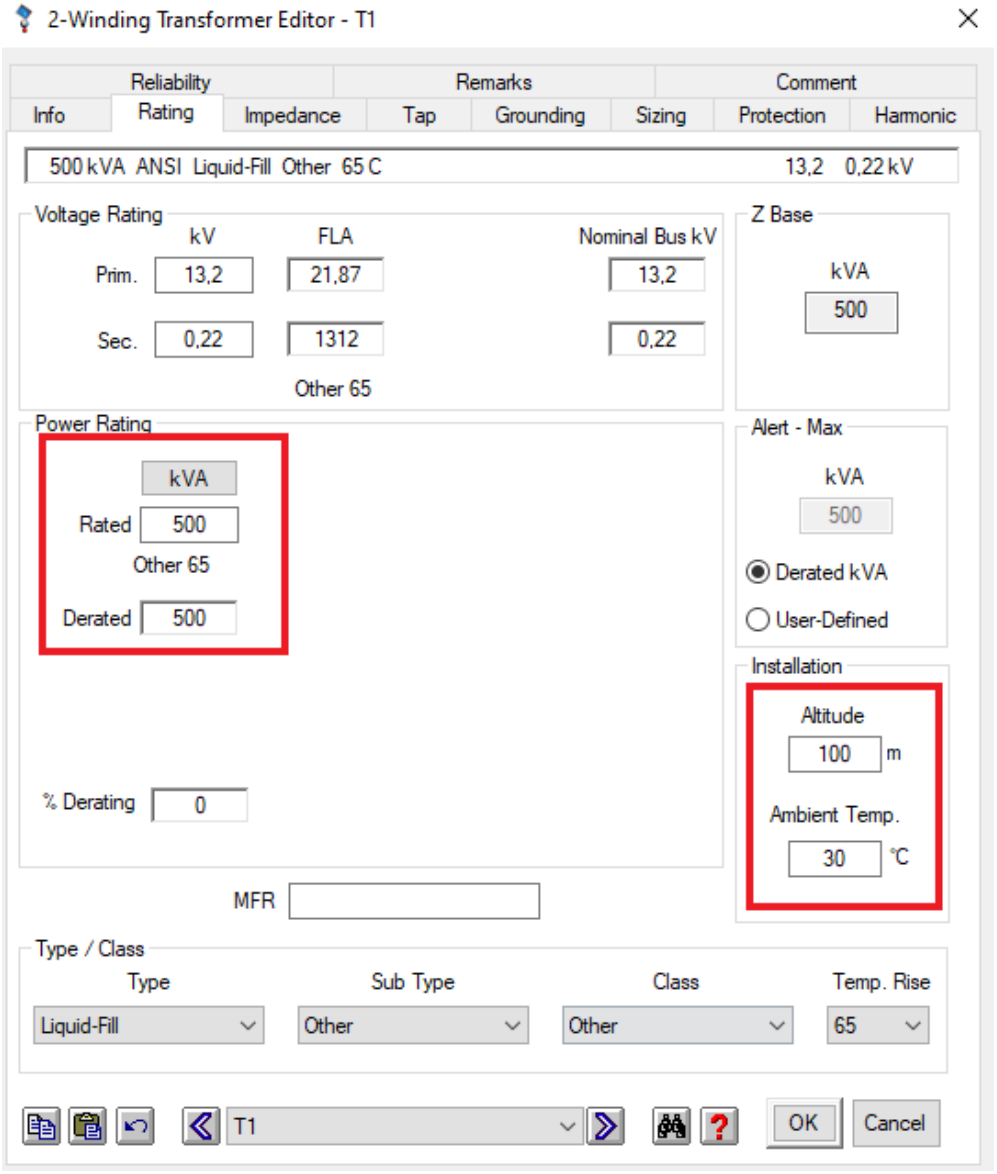
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

607 617 7321
316 024 4149

Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505

www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com

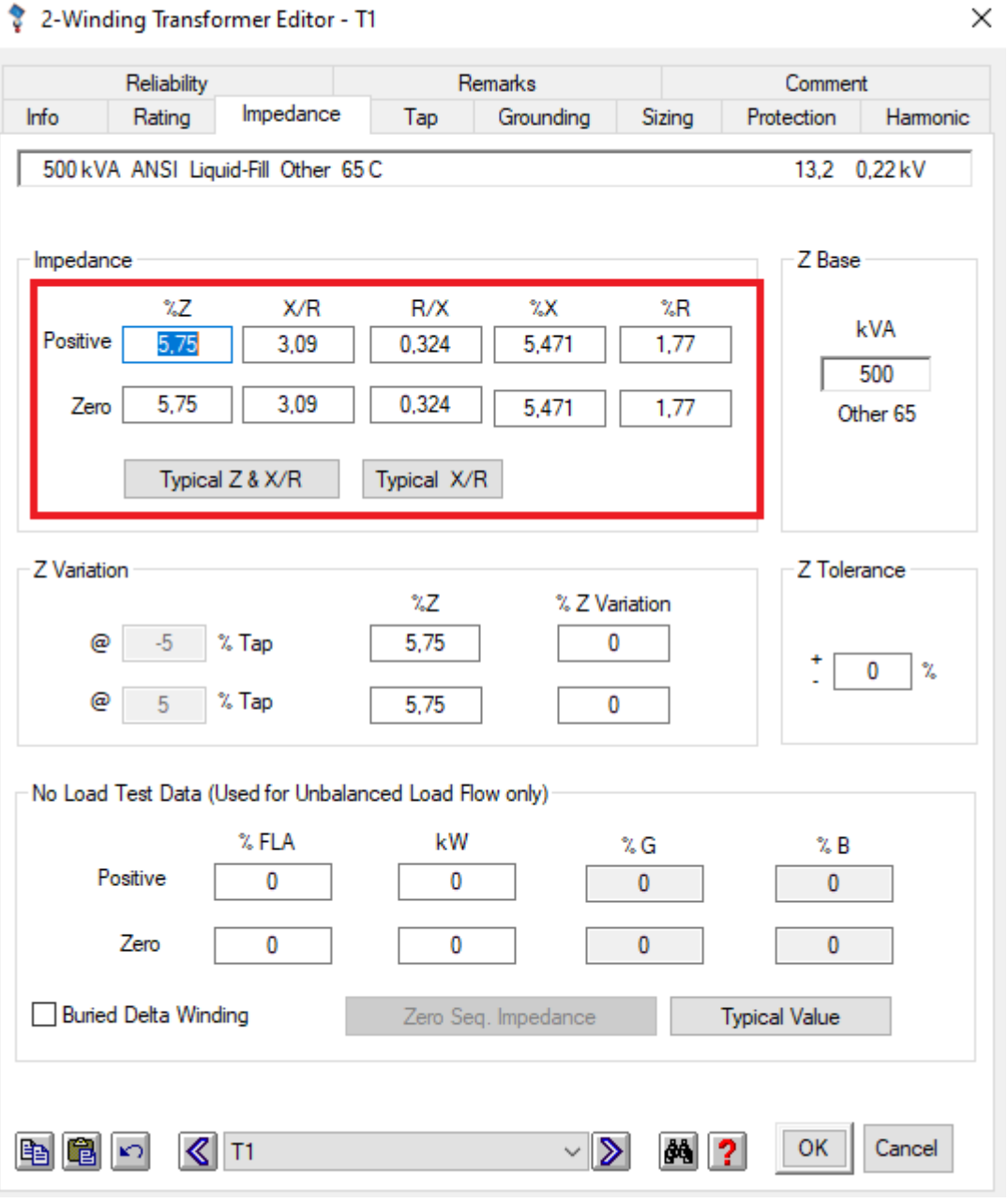
Transformador



607 617 7321
316 024 4149

Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505

www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com



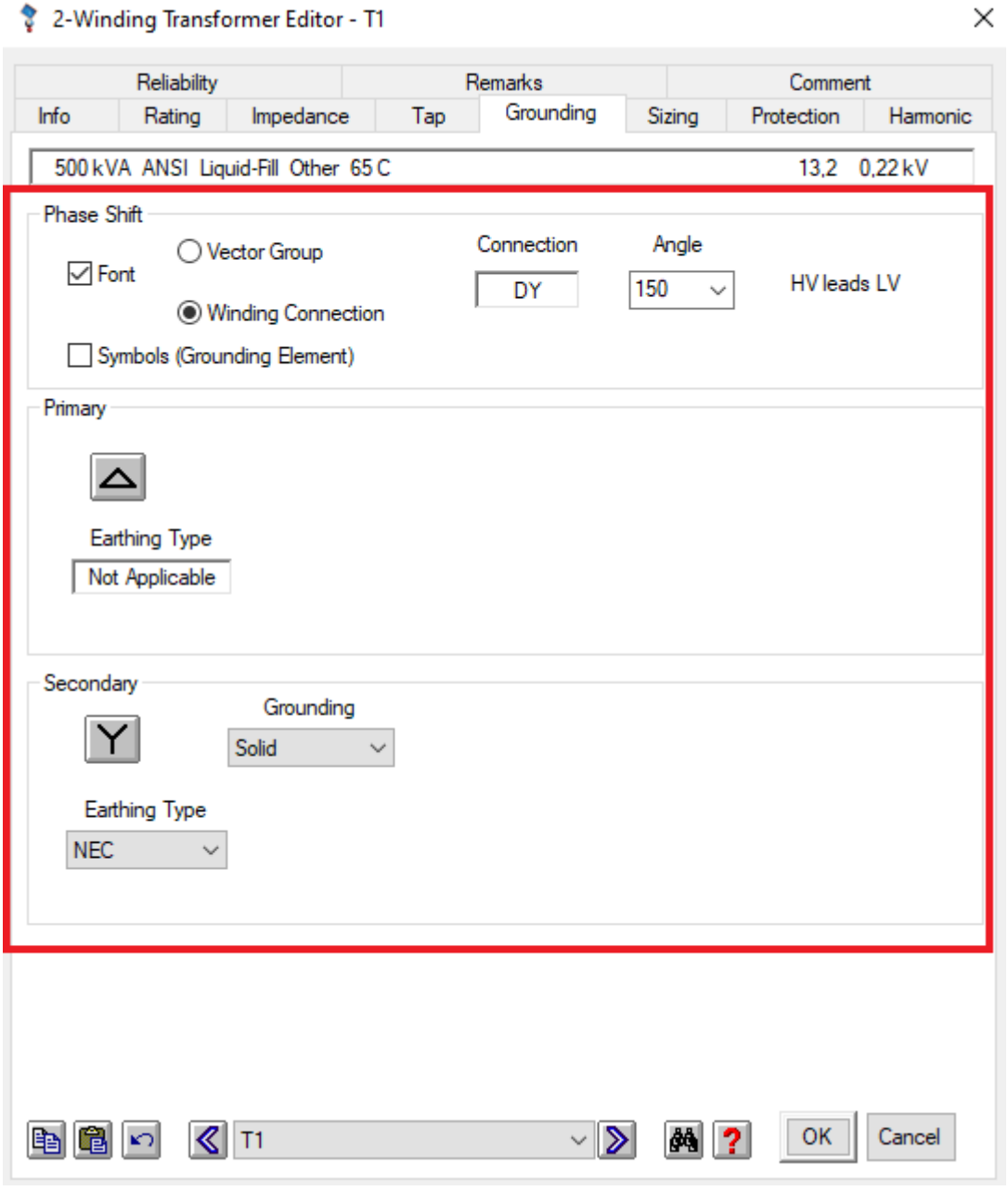
SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD

Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

607 617 7321
316 024 4149

Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505

www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com



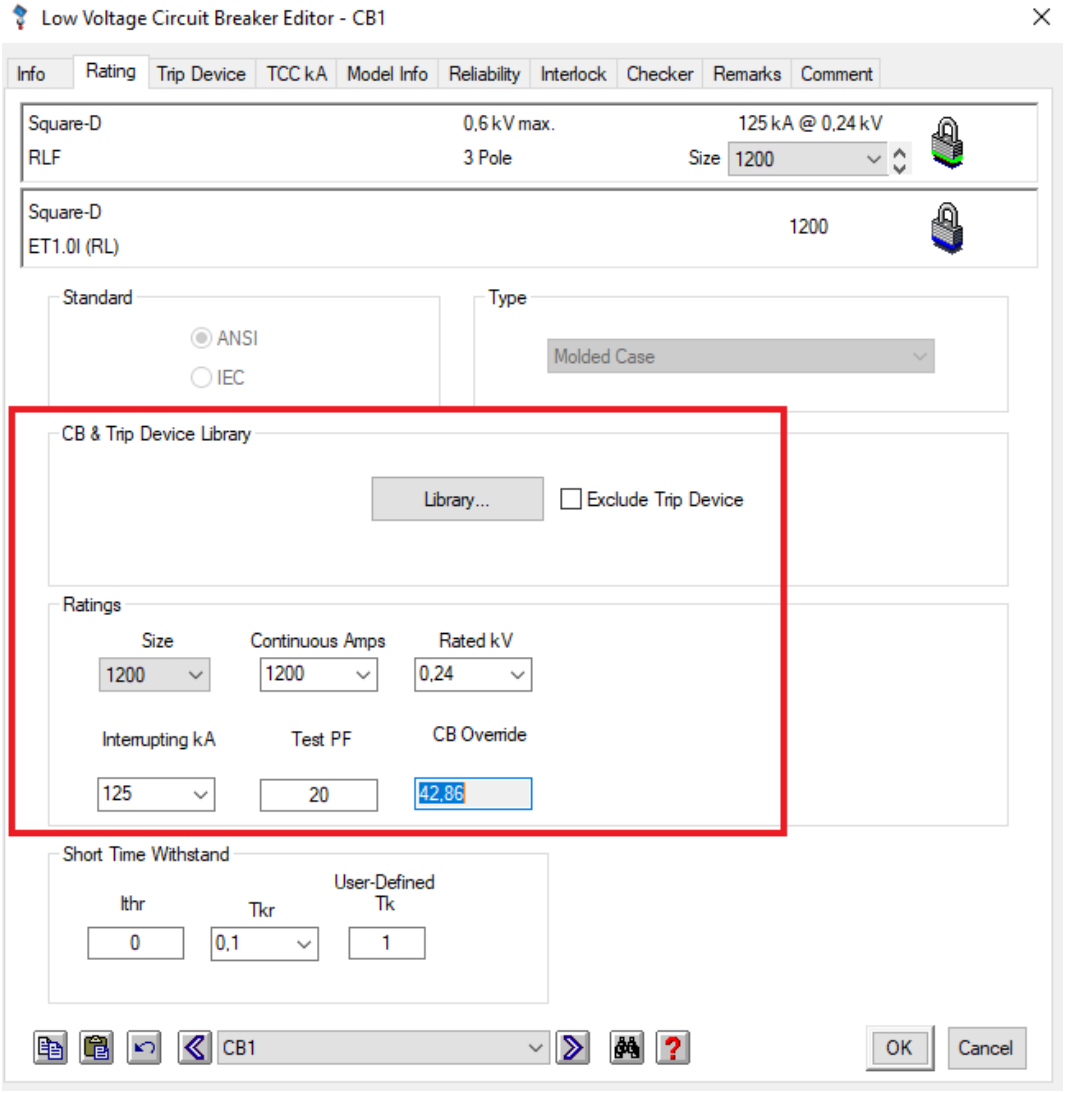
SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

607 617 7321
316 024 4149

Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505

www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com

Interruptor

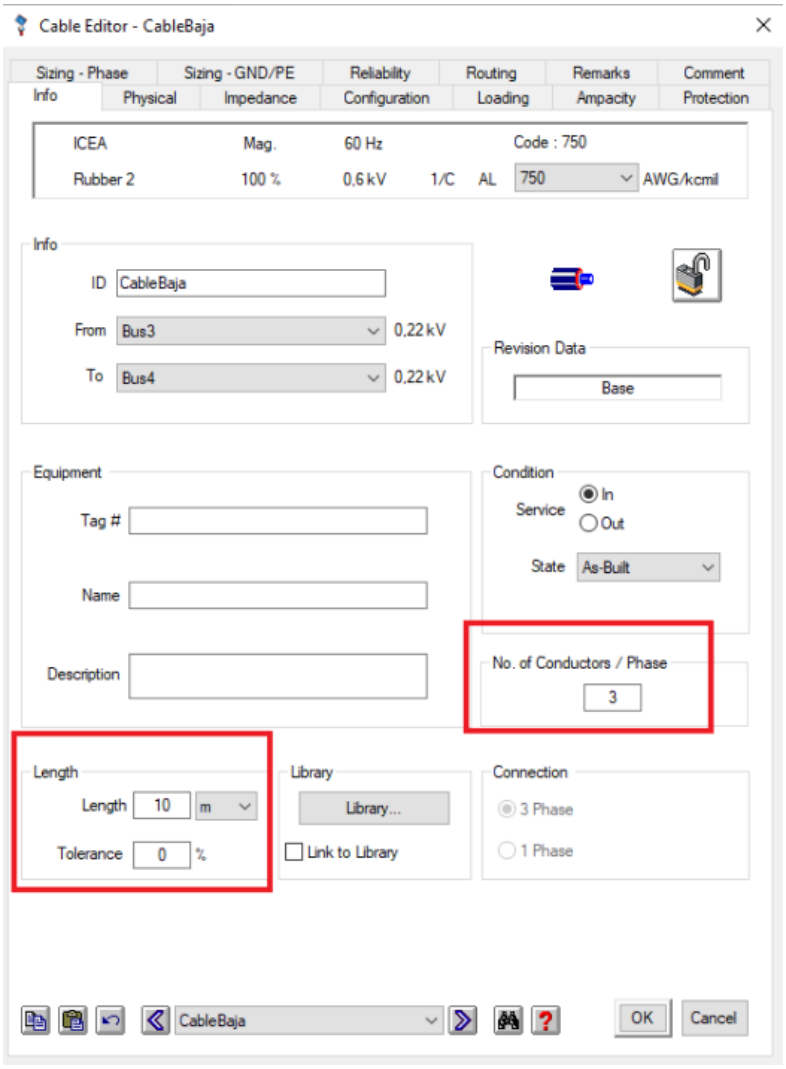


607 617 7321
316 024 4149

Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505

www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com

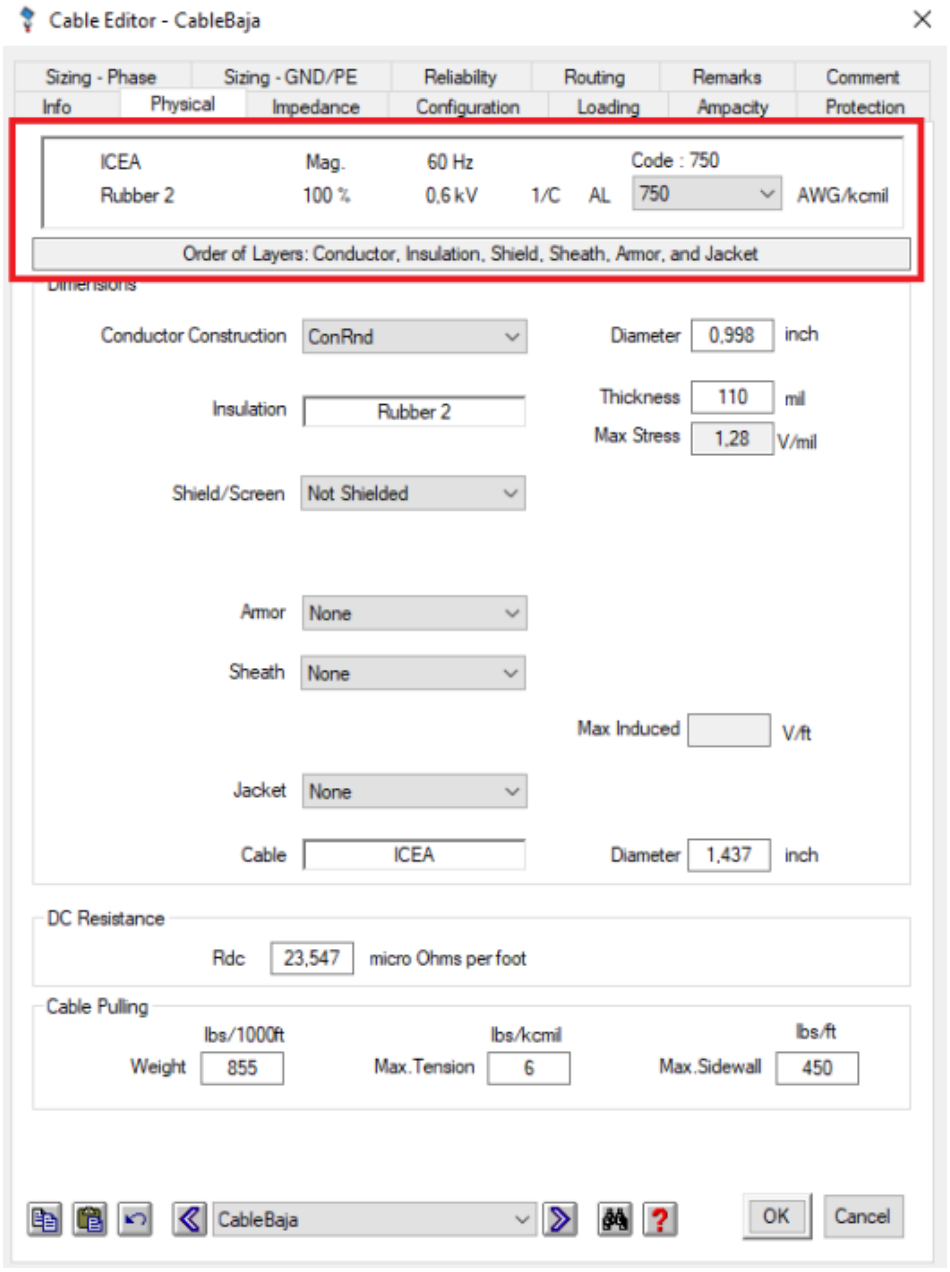
Cable de Baja



607 617 7321
316 024 4149

Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505

www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com



SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD

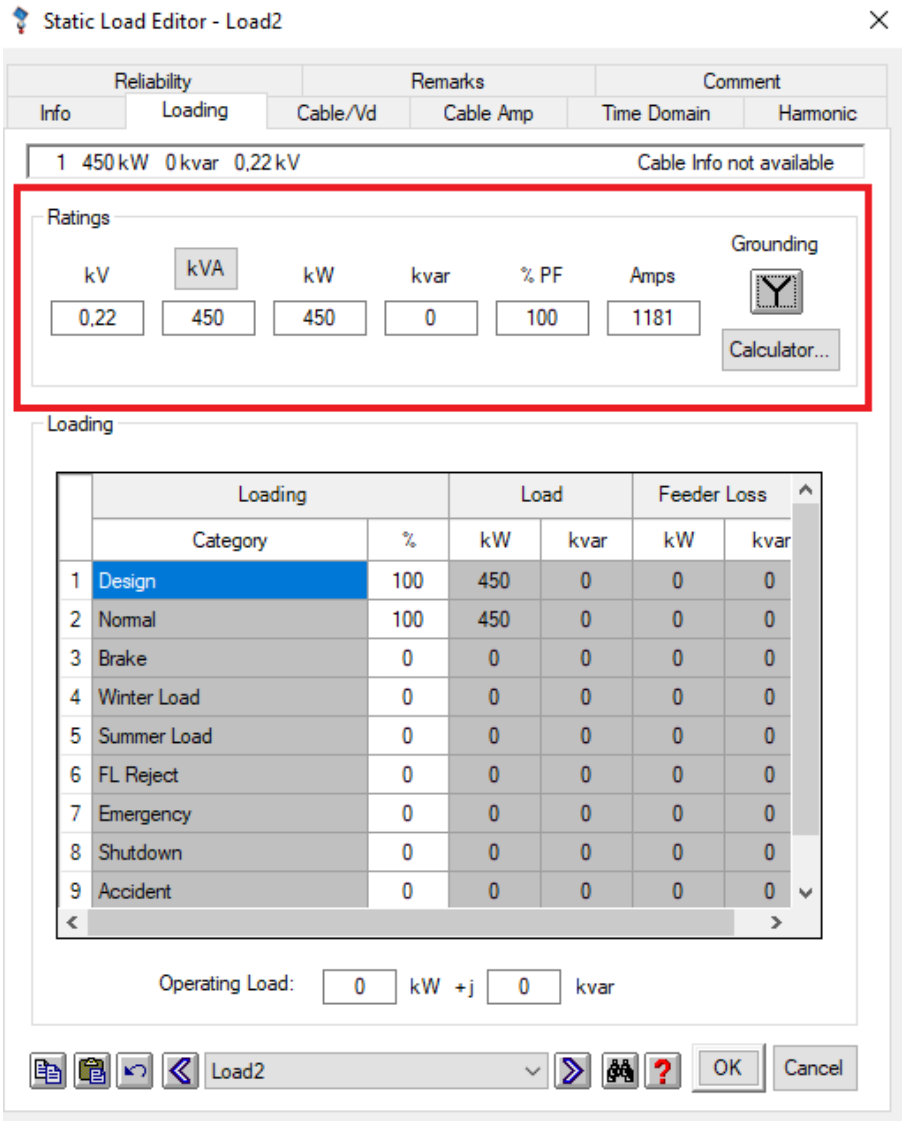
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

607 617 7321
316 024 4149

Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505

www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com

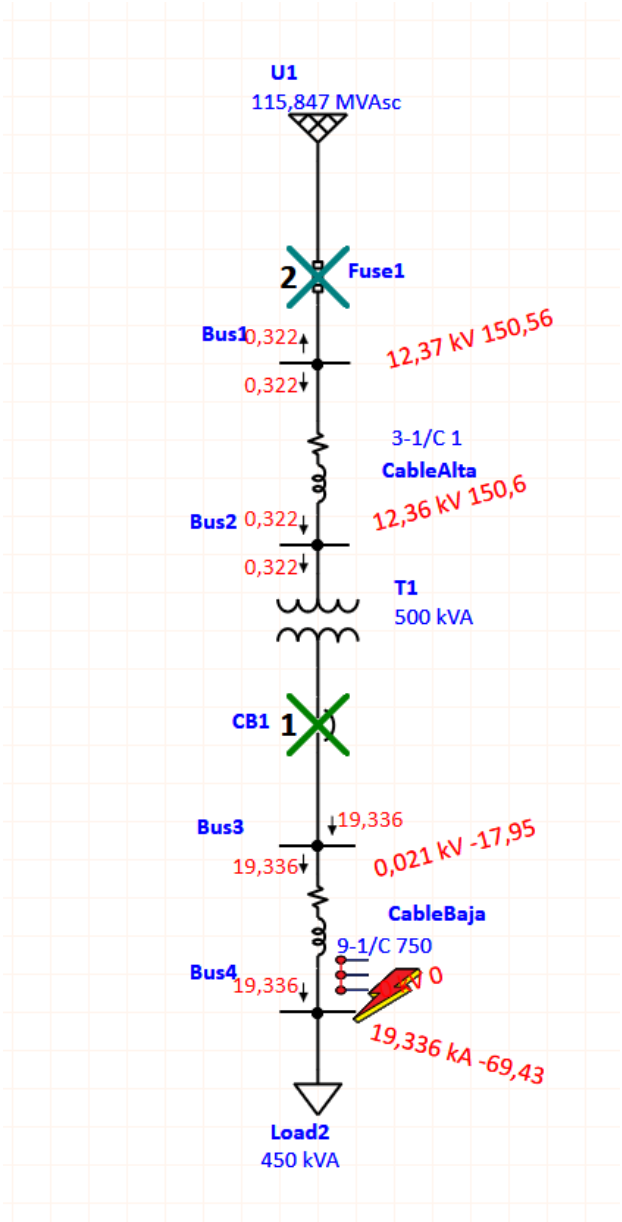
Carga



607 617 7321
316 024 4149
Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505
www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com

Por ultimo comprobamos el correcto funcionamiento de las protecciones seleccionadas

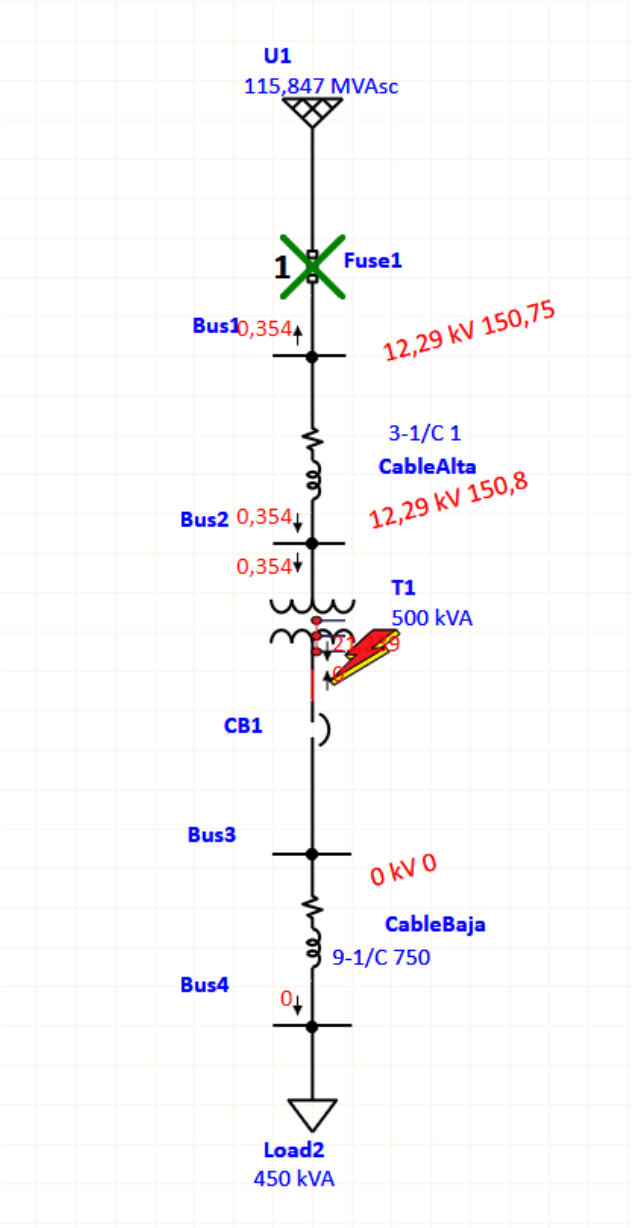
Resultados simulación de Coordinación de protecciones



607 617 7321
316 024 4149

Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505

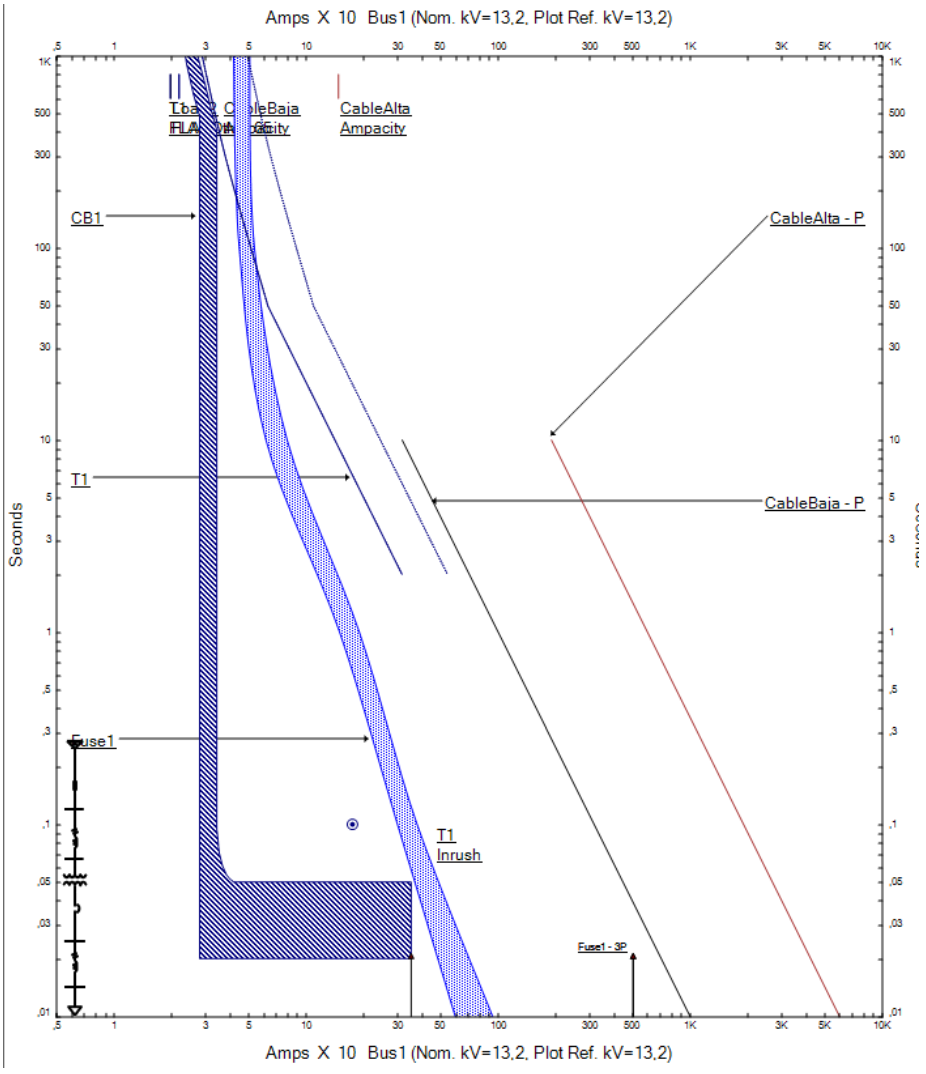
www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com



SOLUCIONES DE ALTA CALIDAD
Certificados en ISO 9001-2015, ISO 14001-2015, ISO 45001-2018

607 617 7321
316 024 4149
Calle 58 diagonal 15-36
Puerta Mayor, apto 1505
www.cmingenieriayconsultoria.com
soporte@cmingenieriayconsultoria.com

Curva de Coordinación de Protecciones



A partir de los resultados anteriores se concluye que la coordinación de protecciones se realizó de una manera óptima cumpliendo los lineamientos establecidos en el RETIE

OCUPACIÓN DE DUCTOS											
CIRCUITO	MATERIAL	CONDUCTOR F+N	CONDUCTOR T	calibre F+N	[mm2]	T	[mm2]	Tubería EMT	Tubería PVC	hasta el 40%	Se acepta
Punto de conexión - Celdas MT	CU	3F x 2AWG Cu	1T x 2/0 Cu	2	100,89	67,44	100,89	4"	4"	4011,51	SI
TRF - TGBT	AL	5x(3Fx750kcmil + 1Nx750kcmil)	1T x 3/0 AL	750	7600,00	85,02	7685,02		6"	8866,85	SI

CUADRO DE REGULACIÓN PROYECTO CONSTRUCCIÓN SUBESTACIÓN ELECTRICA DE POTENCIA - RAMA JUDICIAL - BARRANCABERMEJA - DEPARTAMENTO DE SANTANDER

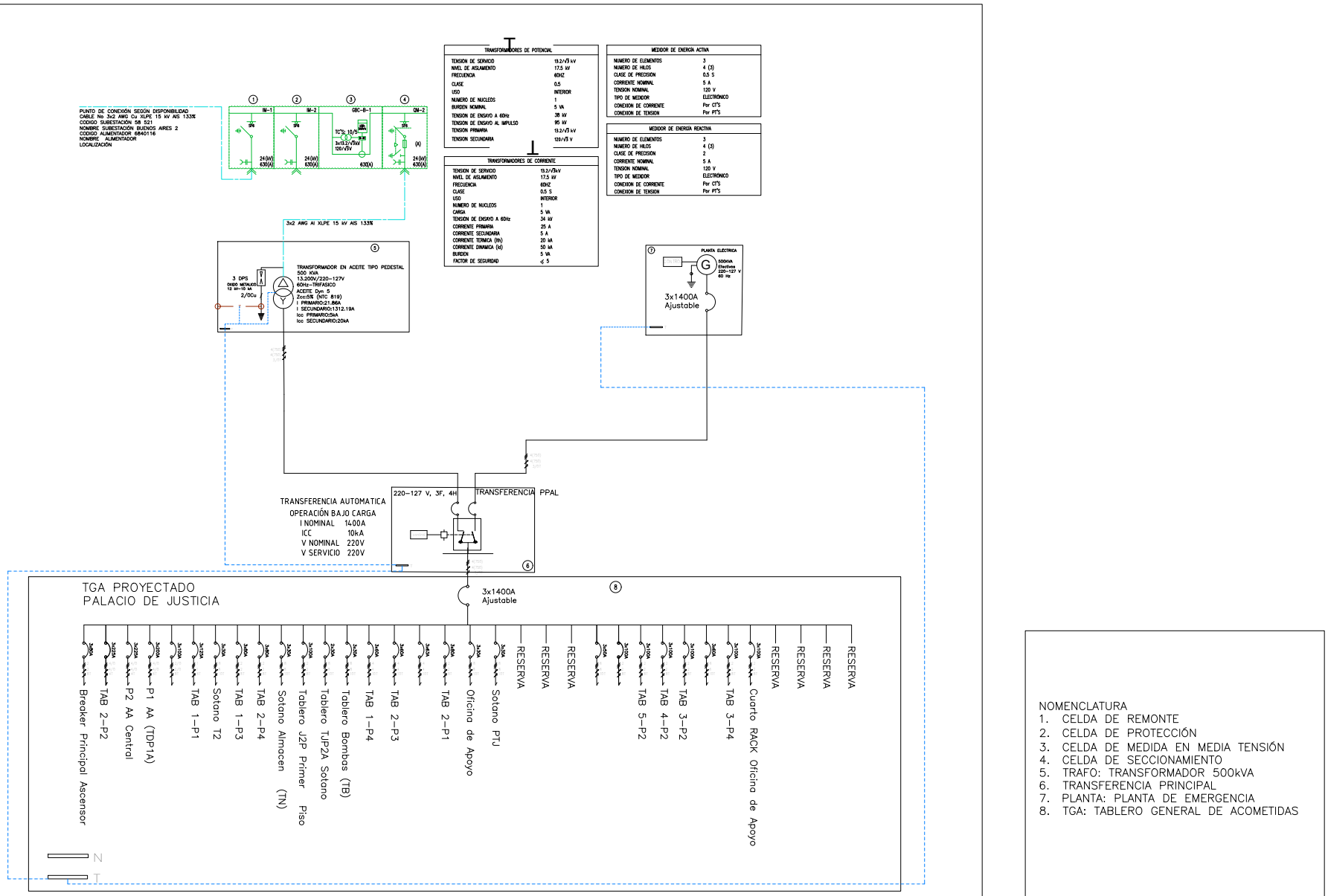
CLIENTE	RAMA JUDICIAL - BARRANCABERMEJA		
POTENCIA INSTALADA	500 KVA	**POTENCIA REQUERIDA**	500 KVA
NIVEL DE TENSIÓN	13200/220-127 V	**FECHA**	SEP 2023

CUADRO DE REGULACIÓN - TRANSFORMADOR DE 500 KVA/220-127V.

FILA	MATERIAL	AISLAM.	CALIBRE	No. de conductores por fase	Capacidad de Corriente del conductor (A)			TRAMO	LONG	DEMANDA	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA	MOMENTO	No. DE FASES	I NOM	Volts	KG	K	REGULACIÓN PARCIAL	REGULACIÓN TOTAL	CAIDA DE TENSIÓN	DUCTO"	OBSERVACIONES
					60°C	75°	90 °C		(metros)	KVA		KW			(A)	V			(%)	(%)			
0	CU	XLPE	2,00	1			155,00	**Punto de conexión - Celdas MT**	40,00	500,00	0,90	450,00	20.000,00	3,00	**21,87**	13.200	0,68	0,0000	**0,0001%**	0,0001%	**0,01**	Bajante - 2 x TUBO IMC 4"	Bajante desde punto de conexión red de media tensión existente hasta nivel de piso en IMC 4"
1	AL	SERIE 8000	750	5		384,00		**TRF - TGBT**	20,00	500,00	0,90	450,00	10.000,00	3,00	**1.312,16**	220	0,16	0,0000	**0,01%**	0,01%	**0,01**	TUBO IMC 6"	-
									Total KVA	**500,00**				**I total**	**1.312,16**								

FACTORES DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA Y MAYOR NÚMERO DE CONDUCTORES POR DUCTO

FILA	TRAMO	Long. Mts	Diametro de		Voltaje -			Corriente - Amp.	No. de	CONDUCTOR					Factor de Temperatura	Factor de corrección - No. de conductores por	Capacidad final de Corriente -		OBSERVACIONES
										Material	Aislamiento	Calibre	Capacidad	Capacidad	31-35 °C				
0	Punto de conexión - Celdas MT	40,00			13.200,00			**21,87**	1	CU	XLPE	2	155,00	155,00	1,00	1,00	**155,00**		
1	TRF - TGBT	20,00			220,00			**1.312,16**	5	AL	SERIE 8000	750	384,00	1.920,00	1,00	0,70	**1.344,00**		



NOMENCLATURA
1. CELDA DE REMONTE
2. CELDA DE PROTECCIÓN
3. CELDA DE MEDIDA EN MEDIA TENSIÓN
4. CELDA DE SECCIONAMIENTO
5. TRAFO: TRANSFORMADOR 500kVA
6. TRANSFERENCIA PRINCIPAL
7. PLANTA: PLANTA DE EMERGENCIA
8. TGA: TABLERO GENERAL DE ACOMETIDAS

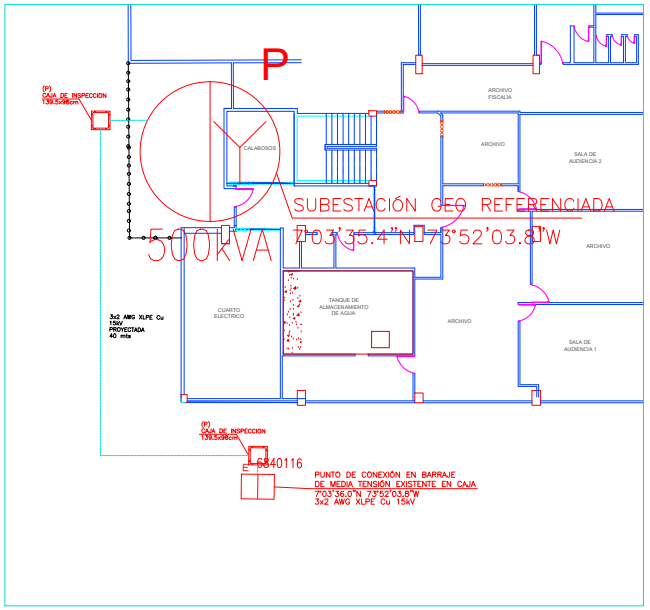
CONVENCIONES

	Interruptor termomagnético	G	Planta Electrica		
	Conductor Acometida				
	Conductor de Fase				
	Conductor de Neutro				
	Conductor de Tierra				
	Transformador y DPS				
	Transferencia Automatica				

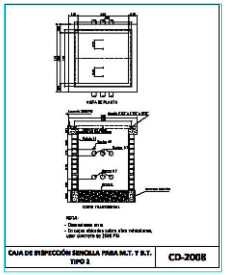
OBSERVACIONES

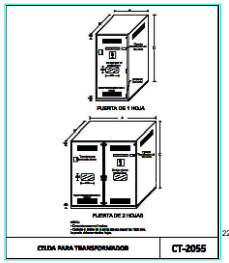
MODIFICACIONES

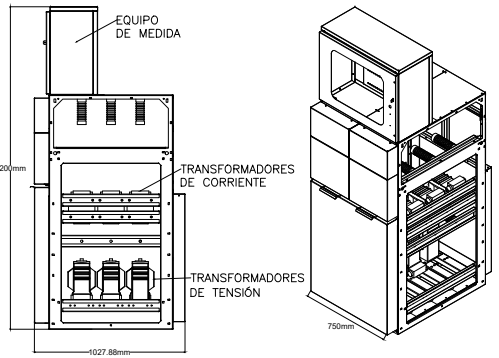
PRESENTA:	Deiby Javier Bohorquez Tarazona Ingeniero Electricista M.P.SN205-158064
PROPIETARIO:	Palacio de Justicia de Barrancabermeja, Santander
PROYECTO:	Diseño Subestación Eléctrica del palacio de Justicia de Barrancabermeja.
DIRECCIÓN:	Cl. 50 #8b - 35, Barrancabermeja, Santander
CONTIENE:	Diagrama Unifilar Subestacion Electrica 500kVA
Diseño:	Ing. Andres Alvarez
Dibujo:	Ing. Andres Alvarez
Revisó:	
Aprobó:	
Plano: 1 de 2	REGISTRO: SE_UNIFILAR

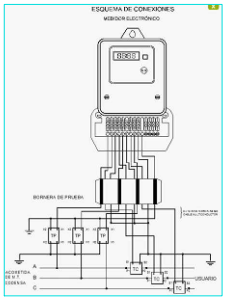


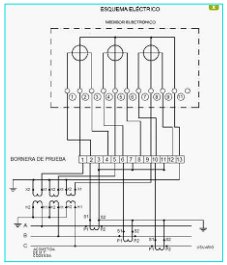
RED DE MEDIA TENSIÓN PROYECTADA





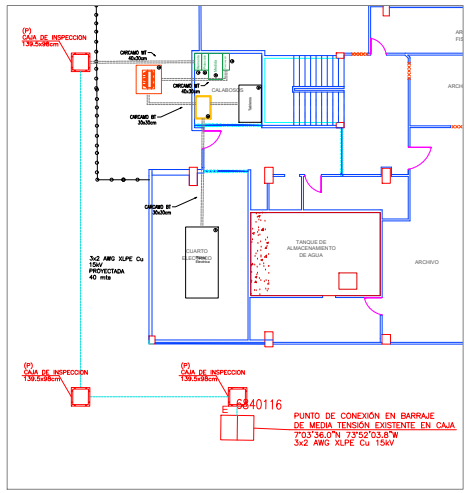






CONVENCIONES REDES INTERNAS

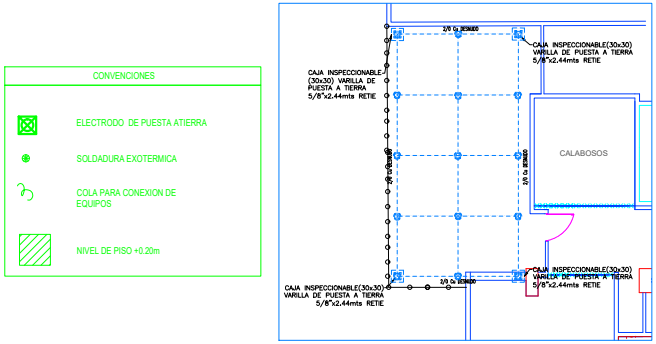
- DUCTO QUE BAJA
- DUCTO QUE SUBE
- CONDUCTORES DE FASE
- CONDUCTORES DE NEUTRO
- CONDUCTORES PUESTA A TIERRA
- INTERRUPTOR UNIPOLAR
- INTERRUPTOR DOBLE
- INTERRUPTOR CONMUTABLE
- SECCIONADOR DE CORTE
- DISPOSITIVO DE PROTECCION CONTRA SOBRETENSION
- DPS TIPO BORISTOR
- FUSIBLE
- INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO
- LAMPARA INCANDESCENTE EMPOTRADA EN TECHO
- LAMPARA TIPO BALA
- LAMPARA INCANDESCENTE DE APLIQUE
- MASA
- TABLERO GENERAL
- TABLERO DE DISTRIBUCION
- TOMACORRIENTE MONOFASICO CON PUESTA A TIERRA
- TOMACORRIENTE MONOFASICO GFCI
- TRANSFORMADOR DE POTENCIA
- TOMACORRIENTE TRIFASICO
- TOMACORRIENTE BIFASICO



SUBESTACIÓN ELÉCTRICA VISTA DE PLANTA

CONVENCIONES

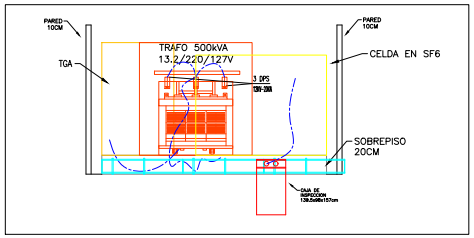
EXISTENTE	PROYECTADO	
		POSTE DE CONCRETO 16 m. TIPO LINEA
		POSTE DE CONCRETO 16 m. TIPO REFORZADO
		POSTE DE CONCRETO 16 m. TIPO EXTRAREFORZADO
		POSTE DE CONCRETO 14 m. TIPO LINEA
		POSTE DE CONCRETO 14 m. REFORZADO
		POSTE DE CONCRETO 14 m. EXTRAREFORZADO
		TORRECILLA METÁLICA 12 m.
		POSTE DE CONCRETO 12 m. TIPO LINEA
		POSTE DE CONCRETO 12 m. REFORZADO
		POSTE DE CONCRETO 12 m. EXTRAREFORZADO
		POSTE DE MADERA INMUNIZADA 12 m.
		POSTE DE CONCRETO 10 m. TIPO LINEA
		POSTE DE CONCRETO 10 m. TIPO REFORZADO
		POSTE DE CONCRETO 10 m. TIPO EXTRAREFORZADO
		POSTE DE CONCRETO 8 m. TIPO LINEA
		POSTE DE CONCRETO 8 m. REFORZADO
		POSTE DE CONCRETO 8 m. EXTRAREFORZADO
		POSTE DE MADERA INMUNIZADA 8 m.
		TORRECILLA METÁLICA 8 m.
		ESTRUCTURA o CONDUCTOR REUTILIZADA(O)
		SUBESTACION EN POSTE
		SUBESTACION CAPSULADA
		SUBESTACION EN PEDESTAL
		SUBESTACION EN LOCAL
		TEMPLETE EN BAJA TENSION
		TEMPLETE EN MEDIA TENSION
		LINEA A TIERRA
		NUMERO DE USUARIO
		SECCIONADOR
		LUMINARIA VAPOR DE SODIO __ W
		LUMINARIA DECORATIVA
		CAJA DE INSPECCION TIPO 1 - M.T. Y B.T.
		CAJA DE INSPECCION TIPO 2 - M.T. Y B.T.
		CAJA DE INSPECCION TIPO 3 - B.T. Y ACOMETIDAS
		CAJA DE INSPECCION ALUMBRADO PUBLICO
		EQUIPO DE MEDIDA
		LINEA DE 115 KV EXISTENTE
		LINEA DE 115 KV PROYECTADA
		LINEA DE 34.5 KV EXISTENTE
		LINEA DE 34.5 KV PROYECTADA
		LINEA DE 13.2 KV EXISTENTE
		LINEA DE 13.2 KV PROYECTADA
		LINEA DE 13.2 KV SUBTERRANEA EXISTENTE
		LINEA DE 13.2 KV SUBTERRANEA PROYECTADA
		LINEA DE BAJA TENSION EXISTENTE
		LINEA DE BAJA TENSION PROYECTADA
		LINEA DE BAJA TENSION SUBTERRANEA EXISTENTE
		LINEA DE BAJA TENSION SUBTERRANEA PROYECTADA
		ACOMETIDA A USUARIO
		CRUCE AÉREO SIN CONTACTO
		CRUCE AÉREO CON CONTACTO
		FINAL DE CIRCUITO / TEMPLETE POSTE A POSTE
		N° DE CONDUCTORES Y CALIBRE RED ABIERTA B. T.
		N° DE CONDUCTORES Y CALIBRE RED TRENZADA B. T.



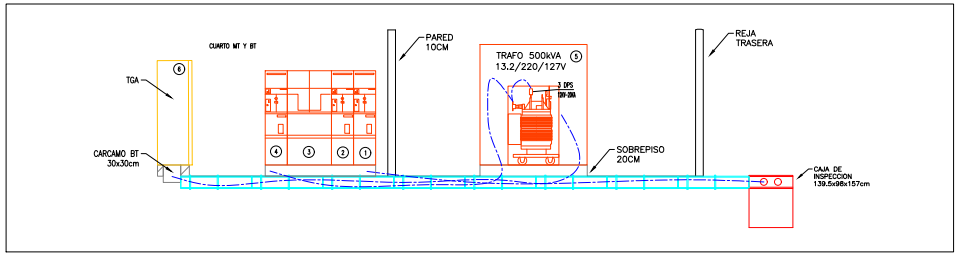
DETALLE SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

NOMENCLATURA

1. CELDA DE REMONTE
2. CELDA DE PROTECCIÓN
3. CELDA DE MEDIDA EN MEDIA TENSIÓN
4. CELDA DE SECCIONAMIENTO
5. TRAFO: TRANSFORMADOR 500kVA
6. TRANSFERENCIA PRINCIPAL
7. PLANTA: PLANTA DE EMERGENCIA
8. TGA: TABLERO GENERAL DE ACOMETIDAS



SUBESTACIÓN ELÉCTRICA CORTE B–B' VISTA FRONTAL



SUBESTACIÓN ELÉCTRICA CORTE A–A' VISTA LATERAL

OBSERVACIONES	MODIFICACIONES

PRESENTA:	Deiby Javier Bohorquez Tarazona Ingeniero Electricista M.P. SN205-158064
PROPIETARIO:	Palacio de Justicia de Barrancabermeja, Santander
PROYECTO:	Diseño Subestación Electrica del palacio de Justicia de Barrancabermeja.
DIRECCION:	Cl. 50 #6b - 35, Barrancabermeja, Santander
CONTIENE:	Diseño Electrico Subestacion Electrica 500KVA
Diseño:	Ing. Andres Alvarez
Dibujo:	Ing. Andres Alvarez
Revisó:	
Aprobo:	
Plano: 2 de 2	REGISTRO: SUBESTACION