



**ALCALDIA MAYOR
BOGOTA D.C.**

**Instituto
DESARROLLO URBANO**

**“ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y
LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL,
EN BOGOTÁ D.C.”**

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 1630 DE 2020

ALCALDÍA MAYOR

INF-RSG-CASC-177-21

MOVILIDAD

**Informe Etapa de Diseños
Componente Redes Secas**

**Diseño eléctrico subestación interior 630kVA, 500kVA y 250kVA
Estación motriz Victoria**

CONSORCIO CS



CONSORCIO CS

Caly Mayor
Colombia S.A.S.



Supering
Supervisión e Ingeniería de Proyectos

BOGOTÁ, Junio 2022

 <p>ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto DESARROLLO URBANO</p>	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	 <p>CONSORCIO CS Caly Mayor Supering Colombia S.A.S.</p>
--	--	--

PRODUCTO DOCUMENTAL

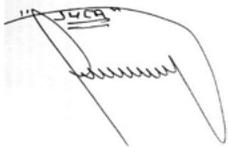
INF-RSG--CASC-177-21

Informe Etapa Diseño Componente Redes Secas Diseño eléctrico subestación interior Estación Victoria

CONTROL DE VERSIONES

Versión	Fecha	Descripción de la Modificación	Folios
Versión 00	23/12/2021	Versión inicial	71
Versión 01	14/01/2022	Solución a observaciones ISC-CAI-P1580 712	75

EMPRESA CONTRATISTA

VALIDADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
		
<p>Ing. Juan Carlos Echeverry. Especialista Redes Secas</p>	<p>Ing. Alexander Uribe. Especialista Redes Secas</p>	<p>Ing. Mario Ernesto Vacca G. Director de Consultoría</p>

REVISADO POR:	AVALADO POR:	APROBADO POR:
		
<p>Ing. José Norberto Velandia Especialista en redes eléctricas, gas, teléfono, fibra óptica</p>	<p>Ing. Wilmer Alexander Rozo Coordinador de Interventoría</p>	<p>Ing. Oscar Andrés Rico Gómez Director de Interventoría</p>

Tabla de contenido

1	INTRODUCCIÓN	4
2	OBJETIVOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE REDES SECAS	5
2.1	OBJETIVOS GENERALES	5
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
3	LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO	6
4	DISEÑO DETALLADO	7
4.1	Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras.	7
4.2	Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.	11
4.3	Análisis de cortocircuito y falla a tierra.	15
4.4	Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.	24
4.5	Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.	27
4.6	Análisis del nivel tensión requerido	38
4.7	Cálculo de campos electromagnéticos	38
4.8	Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.	38
4.9	Cálculo del sistema de puesta a tierra.	45
4.10	Cálculo económico de conductores	48
4.11	Verificación de los conductores	56
4.12	Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos.	57
4.13	Cálculo y coordinación de protecciones contra sobre corrientes.	57
4.14	Cálculos de canalizaciones	57
4.15	Cálculos de pérdidas de energía	60
4.16	Cálculos de regulación	63
4.17	Clasificación de áreas	64
4.18	Elaboración de diagramas unifilares.	64
4.19	Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.	64
4.20	Especificaciones de construcción complementarias a los planos	64
4.21	Establecer las distancias de seguridad requeridas	71
4.22	Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido	74
4.23	Los demás estudios que el tipo de instalación requiera	74
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74

Tabla de figuras

<i>Figura - 1 - Localización General del Proyecto.....</i>	<i>6</i>
<i>Figura - 2 – Cuadro de cargas iluminación.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura - 3 – Cuadro de cargas tomacorrientes generales</i>	<i>9</i>
<i>Figura - 4 – Calculo de transformadores</i>	<i>10</i>
<i>Figura - 5 – Análisis nivel de tensión transformador 630 kVA</i>	<i>11</i>
<i>Figura - 6 – Análisis nivel de tensión transformador 500 kVA</i>	<i>12</i>
<i>Figura - 7 – Análisis nivel de tensión transformador 250 kVA</i>	<i>13</i>
<i>Figura - 8 – Calculo DPS baja tensión</i>	<i>15</i>
<i>Figura - 9 – Calculo corriente de corto circuito media tensión.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura - 10 – Calculo corriente de corto circuito transformador 630 kVA baja tensión</i>	<i>17</i>
<i>Figura - 11 – Calculo corriente de corto circuito tablero de distribución 630 kVA.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura - 12 – Calculo corriente de corto circuito media tensión.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura - 13 – Calculo corriente de corto circuito transformador 500 kVA baja tensión</i>	<i>20</i>

 <p>ALCALDÍA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto DESARROLLO URBANO</p>	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	 <p>CONSORCIO CS Caly Mayor Colombia S.A.S. Supering Superingeniería de Proyectos</p>
---	--	--

Figura - 14– Calculo corriente de corto circuito tablero de distribución 500 kVA.....	21
Figura - 15– Calculo corriente de corto circuito media tensión.....	22
Figura - 16– Calculo corriente de corto circuito transformador 500 kVA baja tensión	23
Figura - 17– Calculo corriente de corto circuito tablero de distribución 250 kVA.....	24
Figura - 18– Análisis de nivel de riesgo por rayos.....	25
Figura - 19– Resultados Análisis de nivel de riesgo por rayos.....	26
Figura - 20– Resultados Análisis de nivel de riesgo por rayos.....	27
Figura - 21– Evaluación nivel de riesgo RAYO	28
Figura - 22– Evaluación nivel de riesgo contacto directo	29
Figura - 23– Evaluación nivel de riesgo Arco Eléctrico	30
Figura - 24– Evaluación nivel de riesgo contacto directo	31
Figura - 25– Evaluación nivel de riesgo cortocircuito o sobrecarga	32
Figura - 26– Evaluación nivel de riesgo contacto directo baja tensión	33
Figura - 27– Evaluación nivel de riesgo arco baja tensión	34
Figura - 28– Decisiones y acciones para controlar el riesgo	35
Figura - 29– Factores de riesgo eléctrico más comunes.....	37
Figura - 30– Cargas transformador 630 kVA.....	39
Figura - 31– Cálculos eléctricos transformador 630 kVA	40
Figura - 32– Cargas transformador 500 kVA.....	41
Figura - 33– Cálculos eléctricos transformador 500 kVA	42
Figura - 34– Cargas transformador 250 kVA.....	43
Figura - 35– Cálculos eléctricos transformador 250 kVA	44
Figura - 36– Calculo malla para puesta a tierra.....	47
Figura - 37– Cálculo económico de conductores	56
Figura - 38– Cálculo ocupación de ductos.....	59
Figura - 39– Cálculo perdidas de energía 630 kVA.....	60
Figura - 40– Cálculo perdidas de energía 500 kVA.....	61
Figura - 41– Cálculo perdidas de energía 250 kVA.....	62
Figura - 42– Cálculo de regulación.....	63
Figura - 43– Relación de transformación de TC para medida semi - indirecta.....	65
Figura - 44– Relación de transformación de TC para medida indirecta	66
Figura - 45– Clasificación de puntos de medición	67
Figura - 46– Tipo y clase de exactitud transformadores de corriente.....	67
Figura - 47– Calculo del burden transformadores de potencial.....	69
Figura - 48– Calculo del burden transformadores de corriente	70
Figura - 49– Límites de aproximación a partes energizadas de equipos	72
Figura - 50– Límites de aproximación	73

1 INTRODUCCIÓN

Este documento contiene el informe y memorias de cálculo detallados de la subestación eléctrica interior de 630 kVA y 500kVA 11400/440/257 y 250kVA 11400/2058/120 de la estación Victoria, como parte de la etapa de diseños del contrato “Actualización, Ajustes y Complementación de la Factibilidad y Estudios y Diseños del Cable Aéreo en San

 <p>ALCALDIA MAYOR BOGOTA D.C. Instituto DESARROLLO URBANO</p>	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	 <p>CONSORCIO CS Caly Mayor Colombia S.A.S. Supering Superingeniería y Proyectos</p>
---	--	---

Cristóbal, En Bogotá D.C.”, de acuerdo al reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE 2013 y NTC2050.

2 OBJETIVOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE REDES SECAS

2.1 OBJETIVOS GENERALES

Elaborar y presentar el diseño detallado de la subestación eléctrica interior 250 kVA y 75kVA de la estación Victoria del proyecto Cable Aéreo en San Cristóbal, siguiendo los lineamientos de la normatividad vigente:

- Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE.
- Código Eléctrico Colombiano - NTC 2050,
- Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP.
- Normas Técnicas del operador de red. ENEL CODENSA.
- Las demás que le apliquen o complementen las anteriores Normas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

En el diseño se consideraron los siguientes aspectos técnicos:

- Subestación tipo interior de 630 kVA, 500kVA y 250kVA incluyendo celdas, con tensión de 11.400/440/254V y 11.400/208/120V
- Medida indirecta en celda interior para transformador de 630kVA y 500kVA para un total de 1130kVA.
- Medidas directas en tablero de medidores para Recaudo, locales comerciales, Policía y cajeros automáticos
- Medida Semidirecta para Transmilenio

- Celdas de media tensión (protección, remonte, medida)
- Tableros de baja tensión de acuerdo a diagrama unifilar.
- Malla de puesta a tierra según planos
- Red media tensión 11.400 en cable XPLE No 2

3 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto del Cable San Cristóbal se desarrolla en la localidad de San Cristóbal, el cual contemplan dos Estaciones intermedias, la primera en el barrio la Victoria ubicado entre las calles 40 y 41 Sur y carreras 3A Este y 3C este, la segunda en el barrio la Victoria ubicado en la calle 42B sur y 43A sur entre las carreras 12A y 12B este, finalizando en el Portal del Victoria ubicado en la Calle 30A sur con carrera quinta (5^{ta}).

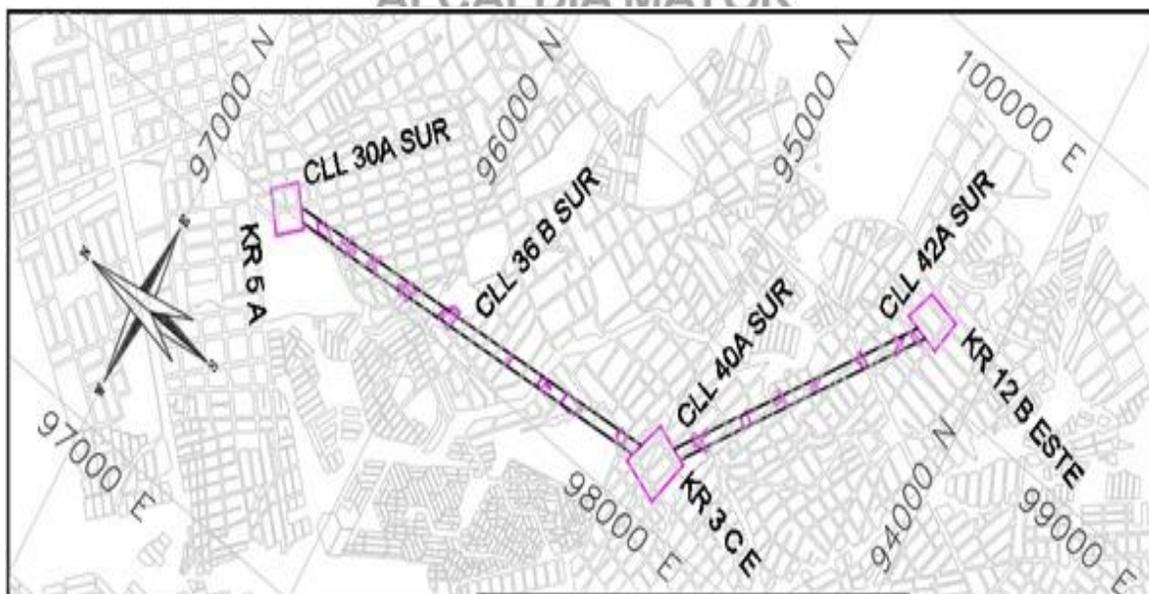


Figura - 1 - Localización General del Proyecto

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

 <p>ALCALDÍA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto DESARROLLO URBANO</p>	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	 <p>CONSORCIO CS Caly Mayor Colombia S.A.S. Supering Ingeniería y Proyectos</p>
--	--	---

4 DISEÑO DETALLADO

Tomando del RETIE el ARTÍCULO 10° - REQUERIMIENTOS GENERALES DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS – 10.1 Diseño de instalaciones eléctricas desarrollamos los siguientes puntos:

4.1 Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras.

Los cálculos iniciales se encuentran de acuerdo a la guía técnica de cargabilidad GTC50, y la demanda de carga es de 630 kVA y 500kVA a 440V y 250kVA 208V.

Las cargas que se contemplan en el proyecto son:

Cargas tipo Industrial y comercial.

Las cargas a usar en este proyecto son:

- Motores
- Iluminación
- Carga para servicios generales.
- Equipos electromecánicos

CIRCUITO	Iluminación General										TOTAL WATIOS	AFECTACION DE ARMONICOS	TOTAL AFECTACION DE ARMONICOS	TENSIÓN			PROTECCIÓN (AMPERIOS)	CALIBRE CONDUCTORES			φ Tubería (Pulg)	DESCRIPCIÓN ÁREA DE SERVICIO				
	BALA 13W 1050 LM	Panel cuadrado 60x60 42W 3648LM	Panel rectangular 120x30 42W 3569LM	Panel cuadrado 60x60 33W CLEAN OWEN 3662LM	Panel Rectangular 120x30 33W CLEAN OWEN 3662LM	Hermética 2x18W 36W 3260LM	High Bay 60x40 2x4000LM	EMERGENCIA SALIDA 90E 300x185x45 SOBREPONER	Batería de Emergencia	(V)				A	B	C		Fase	Neutro	Tierra						
	13										169					1x15	12	12	12	3/4"	Iluminación pasillo locales comerciales					
1	16										208	1,25	260	120	2,2				1x15	12	12	12	3/4"	Iluminación Pasillo Piso 2		
2	17					1					290	1,25	363	120	3,0				1x15	12	12	12	3/4"	Iluminación pasillo piso 2 y baño		
3				11	5						528	1,25	660	120		5,5			1x15	12	12	12	3/4"	Iluminación Cuartos de residuos - Almacen		
4				5	9						442	1,25	578	120	4,8	4,8			1x15	12	12	12	3/4"	Iluminación punto de atención al usuario cafetería		
5					12						396	1,25	495	120			4,1		1x15	12	12	12	3/4"	Bicicleteros		
6	2			16							554	1,25	693	120			5,8		1x15	12	12	12	3/4"	Iluminación Acceso		
7	8			8	1						401	1,25	501	120	4,2				1x15	12	12	12	3/4"	Iluminación enfermería pasillo baño		
8	9				6						315	1,25	394	120	3,3				1x15	12	12	12	3/4"	Iluminación oficina operador pasillo mezzanine piso 3		
9	8				5						269	1,25	336	120		2,8			1x15	12	12	12	3/4"	Iluminación oficina interventoría pasillo mezzanine piso 3		
10	2			9							323	1,25	404	120		3,4			1x15	12	12	12	3/4"	Iluminación sala de reuniones mezzanine piso 3		
11	7	2	4								343	1,25	429	120			3,6		1x15	12	12	12	3/4"	Iluminación Baños cuarto de rescate piso 4		
12							7				840	1,25	1.050	120			8,8		1x15	12	12	12	3/4"	Iluminación embarque escaleras ala Iz		
13							9				1.080	1,25	1.350	120	11,3				1x15	12	12	12	3/4"	Iluminación embarque escaleras ala Iz		
14							4				480	1,25	600	120	5,0				1x15	12	12	12	3/4"	Iluminación embarque escaleras ala der		
15							8				960	1,25	1.200	120		10,0			1x15	12	12	12	3/4"	Iluminación embarque ala der		
16	7	2	3								301	1,25	376	120		3,1			1x15	12	12	12	3/4"	Iluminación baño cuarto telecomunicaciones		
17											200	1,25	250	120			2,1		1x15	12	12	12	3/4"	Baterías emergencia		
18											0	1,25	0	120			0,0	RESERVA						RESERVA		
19											200	1,25	250	220	1,1				1x15	12	12	12	3/4"	Baterías emergencia		
20											0	1,25	0	120	0,0				RESERVA						RESERVA	
21											200	1,25	250	120		2,1			1x15	12	12	12	3/4"	Baterías emergencia		
22											0	1,25	0	120					RESERVA						RESERVA	
23											0	1,25	0	120			0,0	RESERVA							RESERVA	
24											0	1,25	0	120			0,0	RESERVA							RESERVA	
25-27-29											5.000	1,25	6.250	120	52,1	52,1	52,1		RESERVA							Iluminación exterior reserva
26											0	1,25	0	120	0,0				RESERVA						RESERVA	
28												1,25	0	120			0,0		RESERVA						RESERVA	
30												1,25	0	120			0,0		RESERVA						RESERVA	
	76	4	7	49	39	1	28	0	0		13.350		16688		87	84	76									

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Figura - 2 – Cuadro de cargas iluminación
Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

CUADRO DE CARGAS TABLERO ITN TABLERO DE TOMACORRIENTES GENERALES TRIFASICO 42 CIRCUITOS TRANSMILENIO												
CIRCUITO	TOMACORRIENTES			TOTAL WATIOS	AFECTACION DE ARMONICOS	TOTAL AFECTACION DE ARMONICOS	TENSIÓN (V)	CORRIENTES (A)			PROTECCIÓN N (AMPERIOS)	DESCRIPCIÓN ÁREA DE SERVICIO
	Toma Doble	Toma GFCI	Toma 220 V					A	B	C		
1	5	1		1,080	1,0	1,080	120	9,0			1x20	Tomacorrientes suarto de residuos - oficina
2	6			1,080	1,0	1,080	120	9,0			1x20	Almacen oficina estacion
3	4			720	1,0	720	120		6,0		1x20	Comedor - pasillo piso 2
4	2	1		1,500	1,0	1,500	120		12,5		1x20	Pequeños artefactos cocina piso 2
5	6			1,080	1,0	1,080	120			9,0	1x20	Baños locker piso 2
6	1			1,200	1,0	1,200	120			10,0	2x20	Secamanos baño hombres piso 2
7	1			1,200	1,0	1,200	120	10,0			2x20	Secamanos baño mujeres piso 2
8	7			1,260	1,0	1,260	120	10,5			1x20	Pasillo, baños y cuarto de aseo piso 2
9	6			1,080	1,0	1,080	120		9,0		1x20	Enfermeria baños
10	6			1,080	1,0	1,080	120		9,0		1x20	Bicicleros - punto de atencion al usuario
11	4			720	1,0	720	120			6,0	1x20	Subestacion
12-14			1	2,000	1,0	2,000	220	9,1		9,1	2x20	Precaentador planta 630kVA
13-15			1	2,000	1,0	2,000	220	9,1		9,1	2x20	Precaentador planta 500kVA
16-18			1	2,000	1,0	2,000	220		9,1	9,1	2x20	Precaentador planta 200kVA
17-19			1	1,500	1,0	1,500	220	6,8		6,8	2x20	Precaentador planta 16kVA
20	5			900	1,0	900	120		7,5		1x20	Tomacorrientes oficina operador
21	3	2		900	1,0	900	120		7,5		1x20	Tomas pasillo y baño mezzanine piso 3
22	6			1,080	1,0	1,080	120		9,0		1x20	Oficina interventoria mezzanine piso 3
23	7			1,260	1,0	1,260	120			10,5	1x20	Sala de reuniones mezzanine piso 3
24	4			720	1,0	720	120			6,0	1x20	Cuarto disponible
25-27	6			1,080	1,0	1,080	220	4,9	4,9		1x20	Cuarto de rescate baños ala iz
26	3			540	1,0	540	120	4,5			1x20	Tomas area embarque
28	3			540	1,0	540	120		4,5		1x20	Tomas area embarque
29	5			900	1,0	900	120			7,5	1x20	Tomas pasillos y baños ala der
30	2			900	1,0	900	120			7,5	1x20	Toma rack telecomunicaciones
31	2			900	1,0	900	120	7,5			1x20	Toma rack telecomunicaciones
32-34-36				10,000	1,0	10,000	220	45,5	45,5	45,5	RESERVA	RESERVA
33				0	1,0	0	120		0,0		RESERVA	RESERVA
35				0	1,0	0	120			0,0	RESERVA	RESERVA
37				0	1,0	0	120	0,0			RESERVA	RESERVA
38				0	1,0	0	120	0,0			RESERVA	RESERVA
39				0	1,0	0	120		0,0		RESERVA	RESERVA
40				0	1,0	0	120				RESERVA	RESERVA
41				0	1,0	0	220		0,0	0,0	RESERVA	RESERVA
42				0	1,0	0	120			0,0	RESERVA	RESERVA
	94	4	4	39,220		39220		126	134	127		

Instituto de Desarrollo Urbano

Figura - 3 – Cuadro de cargas tomacorrientes generales

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

 <p>ALCALDIA MAYOR BOGOTA D.C. Instituto DESARROLLO URBANO</p>	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	 <p>CONSORCIO CS Caly Mayor Colombia S.A.S. Supering Superingeniería y Proyectos</p>
--	--	--

A continuación, se presenta el cálculo de transformador de 630kVA, 500kVA y 250kVA y la tensión a la cual operara cada una de las cargas contempladas en el diseño.

Calculo de transformador 250 kVA 220V MEDIDAS DIRECTAS			
Carga	Tension	Instalada kVA	Demandada kVA
TIG Tablero iluminacion general	220 V	16,69	16,69
TIG Tablero Tomacorrientes generales	220 V	39,22	25,10
TIR Tablero Tomacorrientes regulados	220 V	30,00	30,00
Tomacorrientes trifasicos mantenimiento 220 V	220 V	10,80	8,10
Ascensor 1	220 V	10,00	10,00
Ascensor 2	221 V	10,00	10,00
Bomba Presion AFP	220 V	9,33	9,33
Bomba presion AFT	220 V	9,33	9,33
Bombas aguas crudas	220 V	1,87	1,87
Bomba Tratamiento ALL	220 V	1,87	1,87
Bombas eyectores ALL	220 V	3,73	3,73
Bomba Jockey	220 V	13,99	13,99
Pilonas 11	220 V	5,00	5,00
Pilonas 12	220 V	5,00	5,00
Pilonas 13	220 V	5,00	5,00
Pilonas 14	220 V	5,00	5,00
Local comercial 1	220 V	30,00	30,00
Local comercial 2	220 V	30,00	30,00
Policia	220 V	8,00	8,00
Cajeros	220 V	10,00	10,00
Recaudo	220 V	10,00	10,00
TOTAL		264,81	247,99

Calculo de transformador 500 kVA			
Carga	Tension	Instalada kVA	Demandada kVA
Control equipo electromecanico	440 V	400,00	400,00
RECAUDO	440 V	60,00	60,00
TOTAL		460,00	460,00

Calculo de transformador 630 kVA			
Carga	Tension	Instalada kVA	Demandada kVA
Equipo electromecanico	440 V	500,00	500,00
Control equipo electromecanico	440 V	60,00	60,00
Tomacorrientes mantenimiento 440V	440 V	10,80	10,80
TOTAL		570,80	570,80

Figura - 4 – Calculo de transformadores

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

4.2 Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.

Se realiza la coordinación de aislamiento eléctrico, donde se indican las características y tipo de los equipos de transformación y los niveles de tensión a usar.

4. ANALISIS DEL NIVEL DE TENSION Y DATOS TÉCNICOS SUBESTACIÓN																
Nombre del Proyecto		SUBESTACION INTERIOR 630kVA ESTACION MOTRIZ VICTORIA														
MEMORIAS DE CALCULO NIVEL DE TENSION, TIPO DE SERVICIO Y SUBESTACIÓN																
TRANSFORMADOR (630 kVA)																
630	1. CARGA INSTALADA (kVA)		630													
	2. RANGO DE TENSION A UTILIZAR SUGERIDO POR EL OPERADOR DE RED		BAJA			MEDIA A 11.4 kV			MEDIA A 11.4 o 34.5 kV			ALTA 115 Kv o mayor				
			Hasta 5 kVA	Hasta 9 kVA	Hasta 20 kVA	Hasta 50 kVA	Hasta 499 kVA	500 a 5000 kVA			Mayor a 5000 kVA					
			Monofásico	Trifilar	Trifásico	Monofásico	Trifásico	Trifásico	Trifásico	X						
	3. TIPO DE SERVICIO		RESIDENCIAL			COMERCIAL			INDUSTRIAL							
			BAJA TENSION (V)		MEDIA TENSION (kV)		BAJA TENSION (V)		MEDIA TENSION (kV)		BAJA TENSION (V)		MEDIA TENSION (kV)			
			120	208	240	13.2	34.5	120	208	440	11.4	34.5	220	380	440	13.2
								X	X							
	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y TÉCNICAS DE LA SUBESTACIÓN SELECCIONADA															
	CLASIFICACIÓN DE LA SUBESTACIÓN	DESCRIPCIÓN TRANSFORMADO	USO	POSTE			ENCERRAMIENTO EXTERIOR (PEDESTAL)			INTERIOR			X			
POTENCIA			MONOFASICO (KVA)					TRIFÁSICO (KVA)								
			3	5	10	15	25	15	30	45	75	112,5	150	250	500	1000
TIPO			ACEITE		SECO		X		PEDESTAL							
NIVEL DE TENSION			En bornes de baja fase fase (V)					En bornes de alta (kV)								
			208	220	380	440	480	11,4	34,5	115						
DESCRIPCIÓN EQUIPOS DE MEDICIÓN		MEDIDOR DE ENERGÍA			1			2								
DESCRIPCIÓN SECCIONAMIENTO																
OBSERVACIONES																
Diseño:		JUAN CARLOS ECHEVERRY			Firma:											
					M.P. CL 205-30896											

Figura - 5 – Análisis nivel de tensión transformador 630 kVA

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

4. ANALISIS DEL NIVEL DE TENSION Y DATOS TÉCNICOS SUBESTACIÓN																		
Nombre del Proyecto		SUBESTACION INTERIOR 500kVA ESTACION MOTRIZ VICTORIA																
MEMORIAS DE CALCULO NIVEL DE TENSION, TIPO DE SERVICIO Y SUBESTACIÓN																		
TRANSFORMADOR (500 kVA)																		
630	1. CARGA INSTALADA (kVA)			500														
	2. RANGO DE TENSION A UTILIZAR SUGERIDO POR EL OPERADOR DE RED			BAJA			MEDIA A 11.4 kV			MEDIA A 11.4 o 34.5 kV		ALTA 115 Kv o mayor						
				Hasta 5 kVA	Hasta 9 kVA		Hasta 20 kVA		Hasta 50 kVA	Hasta 499 kVA		500 a 5000 kVA		Mayor a 5000 kVA				
				Monofásico	Trifilar		Trifásico		Monofásico	Trifásico		Trifásico		Trifásico				
	3. TIPO DE SERVICIO			RESIDENCIAL			COMERCIAL			INDUSTRIAL								
				BAJA TENSION (V)		MEDIA TENSION (kV)		BAJA TENSION (V)		MEDIA TENSION (kV)		BAJA TENSION (V)		MEDIA TENSION (kV)				
				120	208	240	13.2	34.5	120	208	440	11.4	34.5	220	380	440	13.2	34.5
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y TÉCNICAS DE LA SUBESTACIÓN SELECCIONADA																		
CLASIFICACIÓN DE LA SUBESTACIÓN		DESCRIPCIÓN TRANSFORMADOR	USO		POSTE			ENCERRAMIENTO EXTERIOR (PEDESTAL)			INTERIOR		X					
			POTENCIA		MONOFASICO (KVA)					TRIFÁSICO (KVA)								
					3	5	10	15	25	15	30	45	75	112,5	150	250	500	1000
			TIPO		ACEITE		SECO		X	PEDESTAL								
			NIVEL DE TENSION		En bornes de baja fase fase (V)					En bornes de alta (kV)								
					208	220	380	440	480	11,4	34,5	115						
			DESCRIPCIÓN EQUIPOS DE MEDICIÓN		MEDIDOR DE ENERGÍA					1					2			
TIPO																		
INDIRECTA																		
DESCRIPCIÓN SECCIONAMIENTO																		
OBSERVACIONES																		
Diseño:		JUAN CARLOS ECHEVERRY						Firma:										
								M.P. CL 205-30896										

Figura - 6 – Análisis nivel de tensión transformador 500 kVA

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

 <p>ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto DESARROLLO URBANO</p>	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	 <p>CONSORCIO CS Caly Mayor Supering Colombia S.A.S. Ingeniería y Proyectos</p>
--	--	---

4. ANALISIS DEL NIVEL DE TENSIÓN Y DATOS TÉCNICOS SUBESTACIÓN																	
Nombre del Proyecto		SUBESTACION INTERIOR 250kVA ESTACION VICTORIA															
MEMORIAS DE CALCULO NIVEL DE TENSIÓN, TIPO DE SERVICIO Y SUBESTACIÓN																	
TRANSFORMADOR (250 kVA)																	
DATOS	1. CARGA INSTALADA (kVA)		250														
	2. RANGO DE TENSIÓN A UTILIZAR SUGERIDO POR EL OPERADOR DE RED		BAJA			MEDIA A 11.4 kV			MEDIA A 13.2 o 34.5 kV		ALTA 115 Kv o mayor						
			Hasta 5 kVA	Hasta 9 kVA	Hasta 20 kVA	Hasta 50 kVA	Hasta 499 kVA	500 a 5000 kVA		Mayor a 5000 kVA							
			Monofásico	Trifilar	Trifásico	Monofásico	Trifásico	Trifásico		Trifásico							
							X										
	3. TIPO DE SERVICIO		RESIDENCIAL			COMERCIAL			INDUSTRIAL								
			BAJA TENSIÓN (V)		MEDIA TENSIÓN (kV)		BAJA TENSIÓN (V)		MEDIA TENSIÓN (kV)		BAJA TENSIÓN (V)		MEDIA TENSIÓN (kV)				
			120	208	240	13.2	34,5	120	208	440	11,4	34,5	220	380	440	13.2	34,5
								X		X							
	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y TÉCNICAS DE LA SUBESTACIÓN SELECCIONADA																
CLASIFICACIÓN DE LA SUBESTACIÓN	DESCRIPCIÓN TRANSFORMADOR	USO	POSTE		ENCERRAMIENTO EXTERIOR (PEDESTAL)			INTERIOR				X					
		POTENCIA	MONOFASICO (KVA)					TRIFÁSICO (KVA)									
			3	5	10	15	25	15	30	45	75	112,5	150	250	500	1000	
		TIPO	ACEITE		SECO		X	PEDESTAL									
		NIVEL DE TENSIÓN	En bornes de baja fase fase (V)					En bornes de alta (kV)									
			208	220	380	440	480	11,4	34,5	115							
		DESCRIPCIÓN EQUIPOS DE MEDICIÓN	MEDIDOR DE ENERGÍA					1			2						
			TIPO														
			INDIRECTA														
		DESCRIPCIÓN SECCIONAMIENTO															
OBSERVACIONES																	
Diseño:		JUAN CARLOS ECHEVERRY			Firma:												
					M.P. CL 205-30896												

Figura - 7 – Análisis nivel de tensión transformador 250 kVA

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

CALCULO DPS BAJA TENSION
Guía de Selección TVSS (IEEE 62.41)

1	UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LA APLICACIÓN			
	NIVEL ISOCERAUNICO			
	Días de tormentas al año	Puntos		
	30 o Mas	18		
	15 a 30	10		
	0 a 15	2	2	Puntos
2	UBICACIÓN RESPECTO A OTRAS ACTIVIDADES			
	Ambiente	Puntos		
	Rural	11		
	Sub-Urbano	6		
	Urbano	1	11	Puntos
3	UBICACIÓN RESPECTO A OTRAS CONSTRUCCIONES			
	Construcción	Puntos		
	El mas alto	11		
	Mediano	6		
	El mas Pequeño	1	11	Puntos
4	TIPO DE ACOMETIDA			
	Acometida	Puntos		
	Ultimo Clientes	11		
	Clientes Múltiples	6		
	Independiente	1	1	Puntos
5	HISTORICO DE DISTURBIOS			
	Acometida	Puntos		
	Frecuentes	11		
	Ocasionales	6		
	Escasos	1	1	Puntos
6	IMPORTANCIA DEL EQUIPO QUE VA A SER PROTEGIDO			
	Equipos	Puntos		
	Indispensables	19		
	Medios	11		
	Pueden detenerse	3	3	Puntos
7	COSTO DE REPARACION DEL EQUIPO QUE SE DAÑA			
	Reparación	Puntos		
	Costosa	19		
	Moderada	11		
	Económica	3	3	Puntos
8	NIVEL DE EXPOSICION			
	NIVELA	CARGA FINAL		
	NIVELB	DISTRIBUCION		
	NIVELC	ACOMETIDA		NIVEL B
TOTAL PUNTOS			32	Puntos

TABLA DE SELECCIÓN					
Total Puntos	INDICE DE EXPOSICION CALCULADO				
	De 12 a 24	De 25 a 38	De 39 a 55	De 56 a 75	De 76 a 100
NIVEL C (Acometida)	120 kA	160 kA	250 kA	320 kA	500 kA
	120 kA	120 kA	160 kA	250 kA	320 kA
NIVEL B (Distribucion)	50 kA	80 kA	120 kA	160 kA	250 kA
	36 kA	50 kA	80 kA	120 kA	160 kA
Nivel A (Carga Fija)		36 kA	50 kA	80 kA	120 kA
			36 kA	50 kA	80 kA

Figura - 8 – Calculo DPS baja tensión

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

Según tabla de selección y el puntaje de diseño obtenido, se cuenta con dos opciones de capacidad de corriente de corto circuito, de acuerdo a los criterios del diseñador se selecciona un DPS baja tensión de 80 kA para cada transformador, de acuerdo a las características de la construcción y su ubicación geográfica.

Instituto de Desarrollo Urbano

4.3 Análisis de cortocircuito y falla a tierra.

Se realiza el análisis y cálculo de cortocircuito y falla a tierra de la instalación de la red de media tensión, de acuerdo a los valores entregados por el operador de red en el punto de pegue otorgado.

En los cálculos se evidencia la corriente de cortocircuito en el tablero de baja tensión, en la red de media tensión y en el transformador.

TRANSFORMADOR 630kVA

Calculo de corriente de corto circuito

Aporte de corriente de la red electrica

Tension Nominal: **11,4** kV
 Icc: **3,5** kA sim
 Scc: 39,9 MVA
 Icc Asimetrica: 7,17 kA asim

 Ra/Za: 0,251
 Za: 3,257 Ω
 Xa: 3,153 Ω
 Ra: 0,816 Ω
 Ra/Xa: 0,259
 Factor K: 1,448 (IEC 60909)

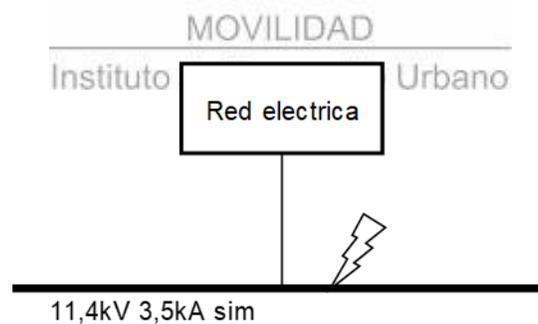


Figura - 9 – Calculo corriente de corto circuito media tensión

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

Calculo de corriente de corto circuito

Transformador trifásico

Potencia: 630 kVA
 Voltaje en lado de falla (V2): 0,44 kV V1: 11,4 kV
 Voltaje de corto circuito %: 4 Tabla T1
 Ra: 1,01940337 Ohm Rr 0,00151859 Ohm reflejada
 Xa: 3,28816748 Ohm Xr 0,00489835 Ohm reflejada

T1. Tensión de cortocircuito Vcc normalizada para los transformadores MT/BT de distribución pública.

kVA	630	800	1000	1250	1600	2000
Vcc (%)	4	4,5	5	5,5	6	7

Se tiene que: $Z_t = V_{cc} \times \frac{V_n^2}{S_n}$ Z del transformador

Por lo tanto: $Z_t = 12,29206349 \text{ m}\Omega$

Se tiene que: $X_t \approx Z_t$ X del transformador

Por lo tanto: $X_t = 12,29206349 \text{ m}\Omega$ $X_r = 4,898 \text{ m}\Omega$

Se tiene que: $R_t \approx 0,20 \times X_t$ R del transformador

Por lo tanto: $R_t = 2,458412698 \text{ m}\Omega$ $R_r = 1,518 \text{ m}\Omega$

Luego: $\frac{R_{total}}{X_{total}} = 0,23$

$Z_{total} = \sqrt{(R_t + R_r)^2 + (X_t + X_r)^2}$ $Z_t = 17,64 \text{ m}\Omega$

Se tiene que: $I_{cc, sim} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \times Z_t}$

Por lo tanto: $I_{cc, sim} = 14,40 \text{ kA simetricos}$

Luego tenemos que: $K = 1,49$, para $\frac{R_t}{X_t} = 0,23$ (IEC 60909)

$I_{cc} = \sqrt{2} \times K \times I_{cc, sim}$

Finalmente: $I_{cc} = 30,33 \text{ kA asimetricos}$

Basado en la norma UTEC 15-105 y IEC 60 909.

Figura - 10 – Calculo corriente de corto circuito transformador 630 kVA baja tensión

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

Calculo de corriente de corto circuito

Tension del sistema: 0,44 kV

Lugar: Barra 440

Impedancias del sistema

Equipo	R	X
Red	0,816	3,153
Cable	0,203	0,135

Total

Rt = 1,0194 Ω

Xt = 3,2882 Ω

Zt = 3,4426 Ω

Icc = 0,07 kA sim

R/X = 0,31

Factor K = 1,38

Icc asimétrica = 0,14 kA asim.

IEC60909

MOVILIDAD

Instituto de Desarrollo Urbano

Figura - 11 – Calculo corriente de corto circuito tablero de distribución 630 kVA

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

TRANSFORMADOR 500kVA

Calculo de corriente de corto circuito

Aporte de corriente de la red electrica

Tension Nominal: **11,4** kV
 Icc: **3,5** kA sim
 Scc: 39,9 MVA
 Icc Asimetrica: 7,17 kA asim

 Ra/Za: 0,251
 Za: 3,257 Ω
 Xa: 3,153 Ω
 Ra: 0,816 Ω
 Ra/Xa: 0,259
 Factor K: 1,448 (IEC 60909)

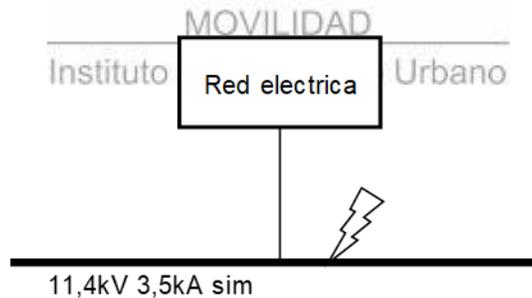


Figura - 12 – Calculo corriente de corto circuito media tensión

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

Calculo de corriente de corto circuito

Transformador trifásico

Potencia: 500 kVA
 Voltaje en lado de falla (V2): 0,44 kV V1: 11,4 kV
 Voltaje de corto circuito %: 4 Tabla T1
 Ra: 1,01940337 Ohm Rr 0,00151859 Ohm reflejada
 Xa: 3,28816748 Ohm Xr 0,00489835 Ohm reflejada

T1. Tensión de cortocircuito Vcc normalizada para los transformadores MT/BT de distribución pública.

kVA	630	800	1000	1250	1600	2000
Vcc (%)	4	4,5	5	5,5	6	7

Se tiene que: $Z_t = V_{cc} \times \frac{V_n^2}{S_n}$ Z del transformador

Por lo tanto: $Z_t = 15,488 \text{ m}\Omega$

Se tiene que: $X_t \approx Z_t$ X del transformador

Por lo tanto: $X_t = 15,488 \text{ m}\Omega$ $X_r = 4,898 \text{ m}\Omega$

Se tiene que: $R_t \approx 0,20 \times X_t$ R del transformador

Por lo tanto: $R_t = 3,0976 \text{ m}\Omega$ $R_r = 1,518 \text{ m}\Omega$

Luego: $\frac{R_{total}}{X_{total}} = 0,23$

$Z_{total} = \sqrt{(R_t + R_r)^2 + (X_t + X_r)^2}$ $Z_t = 20,90 \text{ m}\Omega$

Se tiene que: $I_{cc, sim} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \times Z_t}$

Por lo tanto: $I_{cc, sim} = 12,15 \text{ kA simetricos}$

Luego tenemos que: $K = 1,50$, para $\frac{R_t}{X_t} = 0,23$ (IEC 60909)

$I_{cc} = \sqrt{2} \times K \times I_{cc, sim}$

Finalmente: $I_{cc} = 25,74 \text{ kA asimetricos}$

Basado en la norma UTEC 15-105 y IEC 60 909.

Figura - 13 – Calculo corriente de corto circuito transformador 500 kVA baja tensión

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

Calculo de corriente de corto circuito

Tension del sistema: 0,44 kV
Lugar: Barra 440

Impedancias del sistema

Equipo	R	X
Red	0,816	3,153
Cable	0,203	0,135

Total

Rt = 1,0194 Ω
Xt = 3,2882 Ω
Zt = 3,4426 Ω

Icc = 0,07 kA sim

R/X = 0,31

Factor K = 1,38

Icc asimetria = 0,14 kA asim

IEC60909

Figura - 14 – Calculo corriente de corto circuito tablero de distribución 500 kVA

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

TRANSFORMADOR 250kVA

Calculo de corriente de corto circuito

Aporte de corriente de la red electrica

Tension Nominal: **11,4** kV
 Icc: **3,5** kA sim
 Scc: 39,9 MVA
 Icc Asimetrica: 7,17 kA asim

 Ra/Za: 0,251
 Za: 3,257 Ω
 Xa: 3,153 Ω
 Ra: 0,816 Ω
 Ra/Xa: 0,259
 Factor K: 1,448 (IEC 60909)

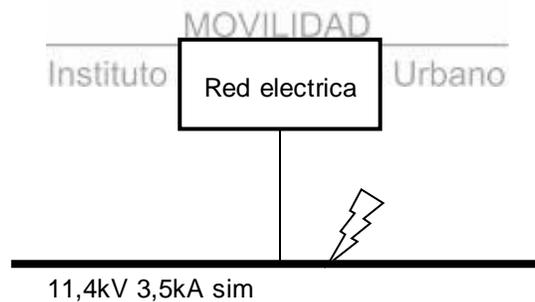


Figura - 15 – Calculo corriente de corto circuito media tensión

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

Calculo de corriente de corto circuito

Transformador trifásico

Potencia: 250 kVA
 Voltaje en lado de falla (V2): 0,208 kV V1: 11,4 kV
 Voltaje de corto circuito %: 4 Tabla T1
 Ra: 1,01940337 Ohm Rr 0,00033936 Ohm reflejada
 Xa: 3,28816748 Ohm Xr 0,00109464 Ohm reflejada

T1. Tensión de cortocircuito Vcc normalizada para los transformadores MT/BT de distribución pública.

kVA	630	800	1000	1250	1600	2000
Vcc (%)	4	4,5	5	5,5	6	7

Se tiene que: $Z_t = V_{cc} \times \frac{V_n^2}{S_n}$ Z del transformador

Por lo tanto: $Z_t = 6,92224 \text{ m}\Omega$

Se tiene que: $X_t \approx Z_t$ X del transformador

Por lo tanto: $X_t = 6,92224 \text{ m}\Omega$ $X_r = 1,094 \text{ m}\Omega$

Se tiene que: $R_t \approx 0,20 \times X_t$ R del transformador

Por lo tanto: $R_t = 1,384448 \text{ m}\Omega$ $R_r = 0,339 \text{ m}\Omega$

Luego: $\frac{R_{total}}{X_{total}} = 0,22$

$Z_{total} = \sqrt{(R_t + R_r)^2 + (X_t + X_r)^2}$ $Z_t = 8,20 \text{ m}\Omega$

Se tiene que: $I_{cc, sim} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \times Z_t}$

Por lo tanto: $I_{cc, sim} = 14,64 \text{ kA simetricos}$

Luego tenemos que: $K = 1,52$, para $\frac{R_t}{X_t} = 0,22$ (IEC 60909)

$I_{cc} = \sqrt{2} \times K \times I_{cc, sim}$

Finalmente: $I_{cc} = 31,39 \text{ kA asimetricos}$

Basado en la norma UTEC 15-105 y IEC 60 909.

Figura - 16 – Calculo corriente de corto circuito transformador 500 kVA baja tensión

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

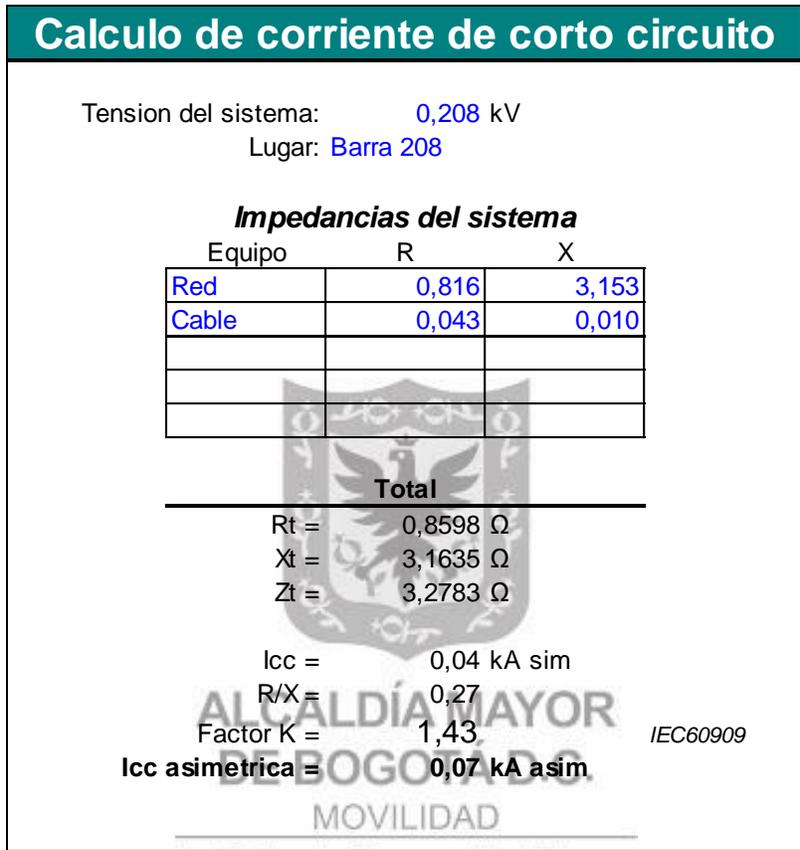


Figura - 17 – Calculo corriente de corto circuito tablero de distribución 250 kVA

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

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

Se realiza el análisis para el diseño del sistema de protección contra descargas atmosféricas con el software RISK, donde se calcula el nivel requerido, en este caso nivel IV y se procede a la realización del diseño con el método de la esfera rodante.

Dimensiones de la estructura:		Líneas de conducción eléctrica:		Tipos de las pérdidas:	
Longitud de la estructura (m):	58	Línea eléctrica:	Línea que llega a la estructura: Cable enterrado	Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:	Riesgos especiales para la vida: Riesgo de pánico medio
Anchura de la estructura (m):	47	Tipo de cable externo:	Apantallado	Por incendios:	Comercios, colegios, ...
Altura del plano del tejado (m)*:	22	Existencia de transformador MT/BT:	Transformador	Por sobretensiones:	Hay sist. de seguridad críticos
Altura del mayor saliente del tejado (m)*:	23	Otros servicios aéreos:	Número de servicios conducidos: 0	Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:	Por incendios: No hay servicios esencial
* Medido desde la tierra		Tipo de cable externo:	No apantallado	Por sobretensiones:	No hay servicios esencial
Área de colección (m2):	30.271 m2	Otros servicios enterrados:	Número de servicios conducidos: 0	Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:	Por incendios: Sin valor histórico
Características de la estructura:		Medidas de protección:		Tipo 4 - Pérdidas económicas:	
Riesgo de incendio y daños físicos:	Normal	Clase de SPCR:	Nivel IV	Riesgos económicos especiales:	Sin riesgos especiales
Eficacia del apantallamiento:	Media	Protección contra incendios:	Sistemas automáticos	Por incendios:	Propiedad pública
Tipo de cableado interno:	No apantallado	Protección contra sobretensiones:	Sólo en entrada de servicios	Por sobretensiones:	Otras estructuras
Influencias ambientales:		Riesgos calculados:			
Situación respecto a los alrededores:	Altura menor	Riesgo calculable (Pa)	Riesgo imp. directa (Pa)	Riesgo imp. indirecta (Pa)	Riesgo calculado (Pa)
Factor ambiental:	Urbano	1,00E-05	8,40E-07	2,47E-06	3,31E-06
Nº de días de tormenta:	10 days/year	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Densidad anual equivalente de rayos:	1,0 flashes/km2	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Ver mapa isocerámico:	Ver Mapa	1,00E-02	1,36E-06	2,45E-05	2,59E-05

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

IEC

Cálculos

Project: ALTAMIRA Tooltips: ON Database: v1.0.31 Map: SPANISH 23/12/2021

Figura - 18 – Análisis de nivel de riesgo por rayos

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS con software RISK

 **Impactos de rayo a las áreas de colección**



Categorías de las pérdidas

Resultados del área de colección:

Ad - Área de colección de impactos directos a la estructura	30.271 m2
Nd - número medio de impactos directos a la estructura por año	0,008 flashes/year
Am - Área de colección de la estructura afectada por sobretensiones inducidas por impactos indirectos.	251.576 m2
Nm - núm. de impactos directos a tierra o a objetos cercanos a la estructura conectados a tierra que inducen sobretensiones	0,244 flashes/year
Ac1 - área de colección de las líneas aéreas a impactos directos.	33.624 m2
NL1 - número medio de impactos directos por año a las líneas aéreas que sean potencialmente peligrosos	0,008 flashes/year
AI1 - área de colección de la línea aérea a los impactos indirectos	1.000.000 m2
NI1 - número medio impactos directos anuales a la tierra cercana a la línea aérea que pueda causar daños por sobretensiones	0,100 flashes/year
Ac2 - área de colección de la línea enterrada a impactos directos	20.885 m2
NL2- número esperado de impactos directos anuales a la línea enterrada que sean potencialmente peligrosos	0,005 flashes/year
AI2 - área de colección de la línea enterrada a impactos indirectos.	559.017 m2
NI2 - número de impactos indirectos anuales a la tierra cercana a la línea enterrada que induzcan sobretensiones peligrosas	0,056 flashes/year



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

Figura - 19 – Resultados Análisis de nivel de riesgo por rayos
Fuente – Elaboración propia Consorcio CS con software RISK

 Impactos de rayo a las áreas de colección	 Categorías de las pérdidas
Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:	
RA1 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a la estructura.	7,57E-09
RB1 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura.	7,57E-07
RC1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura.	7,57E-08
RM1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura.	2,44E-06
RU1 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a las líneas.	3,13E-11
RV1 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	1,57E-08
RW1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas.	1,04E-08
RZ1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas.	2,03E-09
Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:	
RB2 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura.	0,00E+00
RC2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura.	0,00E+00
RM2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura.	0,00E+00
RV2 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00
RW2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00
RZ2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas.	0,00E+00
Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:	
RB3 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura.	0,00E+00
RV3 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00
Tipo 4 - Pérdidas económicas:	
RA4 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a la estructura.	0,00E+00
RB4 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura.	6,05E-07
RC4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura.	7,57E-07
RM4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura.	2,44E-05
RU4 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00
RV4 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	1,25E-08
RW4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas.	1,04E-07
RZ4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas.	2,03E-08

Figura - 20 – Resultados Análisis de nivel de riesgo por rayos

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS con software RISK

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

Se realiza el análisis de riesgos de origen eléctrico para los diferentes eventos de acuerdo a los lineamientos y especificaciones de la norma técnica colombiana Retie donde se recomiendan las medidas necesarias para mitigar los riesgos mencionados.

EVALUACION DEL NIVEL DE RIESGO ELECTRICO										
PROYECTO: SUBESTACION ELECTRICA 630 - 500 y 250 KVA estación Matriz Victoria										
RIESGO A EVALUAR:	ELECTROCUCION por RAYO (al) o (en) REDES EN MEDIA Y/O BAJA TENSIÓN AÉREAS			FACTORES DE RIESGO		FUENTE				
	EVENTO O EFECTO			REAL: ...		FRECUCENCIA				
POTENCIAL: X	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
CONSECUENCIAS	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
	Evaluidor:	JUAN CARLOS ECHEVERRY			MP:	CL205-30896	FECHA:	dic-21		

		CONSECUENCIA	FRECUCENCIA	NIVEL
1.	EN PERSONAS	5	D	MEDIO
2.	ECONOMICAS	2	D	BAJO
3.	AMBIENTALES	2	D	BAJO
4.	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA	1	D	BAJO

RIESGO MAS ALTO A EVALUAR: MEDIO

SISTEMAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR:

VERIFICAR QUE LOS POSTES ESTEN PUESTOS A TIERRA ADECUADAMENTE.
 INSTALAR UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA ADECUADO CON EL FIN DE MINIMAR EL VALOR DE LA RESISTENCIA A TIERRA EQUIPOTENCIALIZAR LA TUBERIA METALICA Y APANTALLAMIENTO DE LA LINEA AL SPT.
 SEGUIR LOS LINEAMIENTOS DEL OPERADOR DE RED, EN CUANTO AL APANTALLAMIENTO DE LAS LINEAS.
 EN LOS TRANSFORMADORES SE DEBEN INSTALAR LOS DPS DE ACUERDO A LA COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO.
 INSTALAR ESTRUCTURAS Y APOYOS CON SU CORRECTA SUJEION MECANICA Y AMARRE DE LOS CONDUCTORES A LOS AISLADORES Y APOYOS.
 VERIFICAR LAS DISTANCIAS DE SEGURIDAD TANTO HORIZONTAL COMO VERTICALMENTE.
 EL PERSONAL A TRABAJAR EN LA RED DEBE SER CAPACITADO Y CERTIFICADO PARA TRABAJOS EN ALTURA Y QUE LLEVE TODOS LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD, VESTIDO, CALZADO, CASCO, GUANTES Y GAFAS CONTRA RAYOS ULTRAVIOLETA
 EN CASO DE PRESENTARSE LLUVIAS TORMENTOSAS PROHIBIR EL TRABAJO SOBRE LA LINEA Y RESGUARDARSE EN SITIOS SEGUROS
 EN CASO DE TORMENTA RESGUARDARSE EN SITIO SEGURO

PARA EJECUTAR TRABAJOS EN BAJA Y MEDIA TENSIÓN.

SOLICITAR PERMISOS EN EL OPERADOR DE RED ANTES DE REALIZAR CUALQUIER TRABAJO.
 UTILIZAR LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.
 Los trabajos que deban desarrollarse con las redes o equipos desenergizados, deben cumplir las siguientes "Reglas de oro":
 a. Efectuar el corte visible de todas las fuentes de tensión, mediante interruptores y seccionadores, de forma que se asegure la imposibilidad de sub b. Condenación o bloqueo, si es posible, de los aparatos de corte. Señalización en el mando de los aparatos indicando "No energizar" o "prohibido c. Verificar ausencia de tensión en cada una de las fases, con el detector de tensión apropiado al nivel de tensión nominal de la red, el cual debe d. Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión que incidan en la zona de trabajo. Es la operación de unir entre sí todas e. Señalizar y delimitar la zona de trabajo. Es la operación de indicar mediante carteles con frases o símbolos el mensaje que debe cumplirse para prevenir el riesgo de accidente.

Figura - 21 – Evaluación nivel de riesgo RAYO

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

EVALUACION DEL NIVEL DE RIESGO ELECTRICO										
PROYECTO: SUBESTACION ELECTRICA 630 - 500 y 250 KVA estación Motiz Victoria										
RIESGO A EVALUAR:	ELECTROUCION			CONTACTO DIRECTO		REDES EN MEDIA Y BAJA TENSION				
	EVENTO O EFECTO			FACTOR DE RIESGO		FUENTE				
POTENCIAL: X			REAL: ...		FRECUENCIA					
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

Evaluador: JUAN CARLOS ECHEVERRY MP: CL205-30896 FECHA: dic-21

	CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL
1.	EN PERSONAS	4	D MEDIO
2.	ECONOMICAS	2	D BAJO
3.	AMBIENTALES	2	D BAJO
4.	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA	2	D BAJO

RIESGO MAS ALTO A EVALUAR MEDIO.

SISTEMAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR:

VERIFICAR QUE LOS FUSIBLES DEL LADO PRIMARIO DE LA SECCION SEAN LOS ADECUADOS DE ACUERDO A LA POTENCIA Y LA COORDINACION
 INSTALAR UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA ADECUADO CON EL FIN DE MINIMAR EL VALOR DE LA RESISTENCIA A TIERRA
 EQUIPOTENCIALIZAR LA TUBERIA METALICA Y APANTALLAMIENTO DE LA LINEA AL SPT.
 INSTALAR LINEA DE GUARDA PARA APANTALLAR LA LINEA DE MEDIA TENSION EN 33 kV/ 13.2 KV SI SE REQUIERE
 INSTALAR DPS EN LA TRANSICIÓN DE LINEA AEREA A SUBTERRANEA EN 33kV/13.2kV
 CONSTRUIR LAS CAMARA DE PASO SEGÚN NORMA EEP.
 VERIFICAR ALTURAS Y DISTANCIAS DE SEGURIDAD
 EL PERSONAL A TRABAJAR EN LA RED DEBE SER CAPACITADO Y CERTIFICADO PARA TRABAJOS EN ALTURA Y QUE LLEVE TODOS LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD, VESTIDO, CALZADO, CASCO, GUANTES Y GAFAS CONTRA RAYOS ULTRAVIOLETA
 INSTALAR AVISOS DE PREVENCIÓN EN LAS CAMARAS INDICANDO EL NIVEL DE TENSION.
 INSTALAR AVISOS DE PREVENCIÓN EN LAS LINEAS COMPACTAS CON AVISO "CABLE NO AISLADO"

PARA EJECUTAR TRABAJOS EN BAJA Y MEDIA TENSION.

SOLICITAR PERMISOS EN EL OPERADOR DE RED ANTES DE REALIZAR CUALQUIER TRABAJO.
 UTILIZAR LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.
 Los trabajos que deban desarrollarse con las redes o equipos desenergizados, deben cumplir las siguientes "Reglas de oro":
 a. Efectuar el corte visible de todas las fuentes de tensión, mediante interruptores y seccionadores, de forma que se asegure la imposibilidad de su
 b. Condenación o bloqueo, si es posible, de los aparatos de corte. Señalización en el mando de los aparatos indicando "No energizar" o "prohibido
 c. Verificar ausencia de tensión en cada una de las fases, con el detector de tensión apropiado al nivel de tensión nominal de la red, el cual debe
 d. Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión que incidan en la zona de trabajo. Es la operación de unir entre sí todas
 e. Señalizar y delimitar la zona de trabajo. Es la operación de indicar mediante cartelitos con frases o símbolos el mensaje que debe cumplirse para
 prevenir el riesgo de accidente.

Figura - 22 – Evaluación nivel de riesgo contacto directo

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

EVALUACION DEL NIVEL DE RIESGO ELECTRICO										
PROYECTO: SUBESTACION ELECTRICA 630 - 500 y 250 KVA estación Matiz Victoria										
RIESGO A EVALUAR:	LECTROUCION/ QUEMADURAS por ARCO ELECTRICO (al) o (en) CELDA DE MEDIA TENSION				FUENTE					
	EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO					
POTENCIAL: X				REAL: ...	FRECUENCIA					
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacitada parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacitada temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacitada)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

Evaluar: JUAN CARLOS ECHEVERRY MP: CL205-30896 FECHA: dic-21

	CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL
1.	EN PERSONAS	5	D
2.	ECONOMICAS	3	D
3.	AMBIENTALES	2	D
4.	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA	2	D

RIESGO MAS ALTO A EVALUAR: ALTO

SISTEMAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR:

- UTILIZAR MEDIOS ENVOLVENTES RESISTENTES AL ARCO
- INSTALAR UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA ADECUADO CON EL FIN DE MINIMAR EL VALOR DE LA RESISTENCIA A TIERRA
- INSTALAR CONEXIONES EFECTIVAS CON EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA
- INSTALAR AVISOS DE PREVENCIÓN POR ELECTROUCION
- VERIFICAR ALTURAS Y DISTANCIAS DE SEGURIDAD
- INSTALAR EN LA SUBESTACIÓN UNA ILUMINACIÓN ADECUADA PARA LOS TRABAJOS ASÍ COMO LA ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA.
- INSTALAR UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROL DE INCENDIOS.
- VERIFICAR QUE SE POSEEA ENCLAVAMIENTO MECANICO EN CELDAS.
- EL PERSONAL A TRABAJAR EN LA RED DEBE SER CAPACITADO Y QUE LLEVE TODOS LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD, VESTIDO, CALZADO, CASCO, GUANTES Y GAFAS CONTRA RAYOS ULTRAVIOLETA
- PINTAR LINEAS DE ACCESO RESTRINGIDO DE 5 CM DE ANCHO COMO MINIMO A 75 CM FRENTE A LOS EQUIPOS.

PARA EJECUTAR TRABAJOS EN BAJA Y MEDIA TENSIÓN.

SOLICITAR PERMISOS EN EL OPERADOR DE RED ANTES DE REALIZAR CUALQUIER TRABAJO.

UTILIZAR LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.

Los trabajos que deban desarrollarse con las redes o equipos desenergizados, deben cumplir las siguientes "Reglas de oro":

- Efectuar el corte visible de todas las fuentes de tensión, mediante interruptores y seccionadores, de forma que se asegure la imposibilidad de su cierre intempestivo. En aquellos aparatos en que el corte no pueda ser visible, debe existir un dispositivo que garantice que el corte sea efectivo.
- Condensación o bloqueo, si es posible, de los aparatos de corte. Señalización en el mando de los aparatos indicando "No energizar" o "prohibido maniobrar" y retirar los portafusibles de los cortocircuitos. Se llama "condensación o bloqueo" de un aparato de maniobra al conjunto de operaciones destinadas a impedir la maniobra de dicho aparato, manteniéndolo en una posición determinada.
- Verificar ausencia de tensión en cada una de las fases, con el detector de tensión apropiado al nivel de tensión nominal de la red, el cual debe probarse antes y después de cada utilización.
- Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión que incidan en la zona de trabajo. Es la operación de unir entre sí todas las fases de una instalación, mediante un puente equipotencial de sección adecuada, que previamente ha sido conectado a tierra.
- Señalar y delimitar la zona de trabajo. Es la operación de indicar mediante carteles con frases o símbolos el mensaje que debe cumplirse para prevenir el riesgo de accidente.

Figura - 23 – Evaluación nivel de riesgo Arco Eléctrico
Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

EVALUACION DEL NIVEL DE RIESGO ELECTRICO										
PROYECTO: SUBESTACION ELECTRICA 630 - 500 y 250 KVA estación Moltriz Victoria										
RIESGO A EVALUAR:	ELECTROUCION			CONTACTO DIRECTO		TRANSFORMADOR INTERIOR				
	EVENTO O EFECTO			FACTOR DE RIESGO		FUENTE				
CONSECUENCIAS	POTENCIAL: X			REAL: ...		FRECUENCIA				
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (defecto rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Evaluador: JUAN CARLOS ECHEVERRY MP: CL205-30896 FECHA: dic-21										

	CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL	
1.	EN PERSONAS	4	D	MEDIO
2.	ECONOMICAS	3	D	MEDIO
3.	AMBIENTALES	2	D	BAJO
4.	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA	2	D	BAJO

RIESGO MAS ALTO A EVALUAR MEDIO.

SISTEMAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR:

VERIFICAR QUE LOS FUSIBLES DEL LADO PRIMARIO DEL TRAPO SEAN LOS ADECUADOS DE ACUERDO A LA POTENCIA
 INSTALAR UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA ADECUADO CON EL FIN DE MINIMAR EL VALOR DE LA RESISTENCIA A TIERRA
 INSTALAR AVISOS DE PREVENCIÓN POR ELECTROUCION
 VERIFICAR ALTURAS Y DISTANCIAS DE SEGURIDAD
 INSTALAR UNA BARRERA QUE IMPIDA EL ACCESO DIRECTO DESPUÉS DE ABIERTA LA CELDA DEL TRANSFORMADOR.
 EL PERSONAL A TRABAJAR EN LA RED DEBE SER CAPACITADO Y CERTIFICADO PARA TRABAJOS EN ALTIMA Y QUE LLEVE TODOS LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD, VESTIDO, CALZADO, CASCO, GUANTES Y GAFAS CONTRA RAYOS ULTRAVIOLETA
 PINTAR LINEAS DE ACCESO RESTRINGIDO DE 5 CM DE ANCHO COMO MINIMO A 75 CM FRENTE A LOS EQUIPOS.

PARA EJECUTAR TRABAJOS EN BAJA Y MEDIA TENSIÓN.

SOLICITAR PERMISOS EN EL OPERADOR DE RED ANTES DE REALIZAR CUALQUIER TRABAJO.
 UTILIZAR LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.
 Los trabajos que deban desarrollarse con las redes o equipos desenergizados, deben cumplir las siguientes "Reglas de oro":

- Efectuar el corte visible de todas las fuentes de tensión, mediante interruptores y seccionadores, de forma que se asegure la imposibilidad de su cierre intempestivo. En aquellos aparatos en que el corte no pueda ser visible, debe existir un dispositivo que garantice que el corte sea efectivo.
- Condenación o bloqueo, si es posible, de los aparatos de corte. Señalización en el mando de los aparatos indicando "No energizar" o "prohibido maniobrar" y retirar los portafusibles de los cortacircuitos. Se llama "condenación o bloqueo" de un aparato de maniobra al conjunto de operaciones destinadas a impedir la maniobra de dicho aparato, manteniéndolo en una posición determinada.
- Verificar ausencia de tensión en cada una de las fases, con el detector de tensión apropiado al nivel de tensión nominal de la red, el cual debe probarse antes y después de cada utilización.
- Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión que incidan en la zona de trabajo. Es la operación de unir entre sí todas las fases de una instalación, mediante un puente equipotencial de sección adecuada, que previamente ha sido conectado a tierra.
- Señalizar y delimitar la zona de trabajo. Es la operación de indicar mediante carteles con frases o símbolos el mensaje que debe cumplirse para prevenir el riesgo de accidente.

Figura - 24 – Evaluación nivel de riesgo contacto directo

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

EVALUACION DEL NIVEL DE RIESGO ELECTRICO											
PROYECTO: SUBESTACION ELECTRICA 630 - 500 y 250 KVA estación Motriz Victoria											
RIESGO A EVALUAR:	INCENDIO			CORTO CIRCUITO O SOBRECARGA			CABLEADO ELECTRICO				
	EVENTO O EFECTO			FACTOR DE RIESGO			FUENTE				
POTENCIAL: <u> X </u>			REAL: <u> </u>			FRECUENCIA					
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa	Consecuencia	E	D	C	B	A	
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
		Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
		Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
		Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
		Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	
Evaluador: <u>JUAN CARLOS ECHEVERRY</u>						MP: <u>CL205-30896</u>		FECHA: <u>dic-21</u>			

	CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL	
1.	EN PERSONAS	5	D	ALTO
2.	ECONOMICAS	3	D	MEDIO
3.	AMBIENTALES	2	D	BAJO
4.	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA	2	D	BAJO

RIESGO MAS ALTO A EVALUAR: ALTO

SISTEMAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR:

VERIFICAR QUE LAS PROTECCIONES ESTÉN DE ACUERDO AL PLANO Y SU MANIPULACIÓN SEA SEGURA
 VERIFICAR SISTEMA DE PUESTA A TIERRA Y EQUIPOS DE CALIBRACIONES
 VERIFICAR CALIBRES Y MATERIAL DEL CONDUCTOR DE ACUERDO A LA CARGA Y PROTECCIONES
 VERIFICAR EN EDIFICIOS CON ASCENSORES O EN LUGARES DE ALTA CONCENTRACIÓN DE PERSONAS SE USEN CONDUCTORES CON AISLAMIENTO DE MUY BAJO CONTENIDO DE HALÓGENOS, NO PROPAGADORES DE LLAMA Y BAJA EMISIÓN DE HUMOS OPACOS
 VERIFICAR LA COORDINACIÓN POR TEMPERATURA EN LOS TERMINALES Y CONEXIONES DEL CABLEADO
 VERIFICAR QUE SE CUENTE CON RUTAS DE EVACUACIÓN Y LUCES DE EMERGENCIA AUTONOMAS
 VERIFICAR QUE SE CUENTE CON SISTEMAS CONTRA INCENDIO DE ACUERDO AL TIPO DE INSTALACIÓN

PARA EJECUTAR TRABAJOS EN BAJA Y MEDIA TENSIÓN.

SOLICITAR PERMISOS EN EL OPERADOR DE RED ANTES DE REALIZAR CUALQUIER TRABAJO.
 UTILIZAR LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.
 Los trabajos que deban desarrollarse con las redes o equipos desenergizados, deben cumplir las siguientes "Reglas de oro":
 a. Efectuar el corte visible de todas las fuentes de tensión, mediante interruptores y seccionadores, de forma que se asegure la imposibilidad de su cierre intempestivo. En aquellos aparatos en que el corte no pueda ser visible, debe existir un dispositivo que garantice que el corte sea efectivo.
 b. Condenación o bloqueo, si es posible, de los aparatos de corte. Señalización en el mando de los aparatos indicando "No energizar" o "prohibido maniobrar" y retirar los portafusibles de los cortacircuitos. Se llama "condenación o bloqueo" de un aparato de maniobra al conjunto de operaciones destinadas a impedir la maniobra de dicho aparato, manteniéndolo en una posición determinada.
 c. Verificar ausencia de tensión en cada una de las fases, con el detector de tensión apropiado al nivel de tensión nominal de la red, el cual debe probarse antes y después de cada utilización.
 d. Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión que incidan en la zona de trabajo. Es la operación de unir entre sí todas las fases de una instalación, mediante un puente equipotencial de sección adecuada, que previamente ha sido conectado a tierra.
 e. Señalizar y delimitar la zona de trabajo. Es la operación de indicar mediante carteles con frases o símbolos el mensaje que debe cumplirse para prevenir el riesgo de accidente.

Figura - 25 – Evaluación nivel de riesgo cortocircuito o sobrecarga

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

EVALUACION DEL NIVEL DE RIESGO ELECTRICO										
PROYECTO: SUBESTACION ELECTRICA 430 - 500 y 250 KVA estación Mokiz Victoria										
RIESGO A EVALUAR:	ELECTROCUCION por CONTACTO DIRECTO (al) o (en) TABLERO DE BAJA TENSION			FUENTE						
POTENCIAL: <u>X</u>		REAL: ___				FRECUENCIA				
En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A	
					No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
	Evaluador: <u>JUAN CARLOS ECHEVERRY</u> MP: <u>CL205-30896</u> FECHA: <u>dic-21</u>									

	CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL	
1.	EN PERSONAS	3	D	MEDIO
2.	ECONOMICAS	2	D	BAJO
3.	AMBIENTALES	2	D	BAJO
4.	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA	1	D	BAJO

RIESGO MAS ALTO A EVALUAR MEDIO

SISTEMAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR:

VERIFICAR QUE LAS PROTECCIONES ESTÉN DE ACUERDO AL PLANO Y SU MANIPULACIÓN SEA SEGURA
VERIFICAR QUE EL TABLERO ESTE PUESTO A TIERRA Y EQUIPOTENCIALIZADO CORRECTAMENTE
TENER PRESENTE LOS AVISOS DE PREVENCIÓN EXISTENTES
VERIFICAR QUE LOS NIVELES DE TENSIÓN DE CADA TABLERO SEAN LOS INDICADOS EN PLANO Y/O DISEÑOS
EL PERSONAL A TRABAJAR EN LOS TABLEROS SER CAPACITADO, AUTORIZADO Y QUE LLEVE TODOS LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD, VESTIDO, CALZADO, CASCO, GUANTES Y GAFAS CONTRA RAYOS ULTRAVIOLETA



AL SUBIR Y/O BAJAR AL CUARTO DE PLANTA ELECTRICA SE DEBE TENER CUIDADO Y HACERLO ORDENADAMENTE CON EL PERSONAL ACOMPAÑANTE
IDENTIFICAR LAS ZONAS DE ACCESO RESTRINGIDO DONDE EXISTAN TABLEROS DE BAJA TENSIÓN

PARA EJECUTAR TRABAJOS EN BAJA Y MEDIA TENSIÓN.

SOLICITAR PERMISOS EN EL OPERADOR DE RED ANTES DE REALIZAR CUALQUIER TRABAJO.
UTILIZAR LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.
Los trabajos que deban desarrollarse con las redes o equipos desenergizados, deben cumplir las siguientes "Reglas de oro":
a. Efectuar el corte visible de todas las fuentes de tensión, mediante interruptores y seccionadores, de forma que se asegure la imposibilidad de su cierre intempestivo. En aquellos aparatos en que el corte no pueda ser visible, debe existir un dispositivo que garantice que el corte sea efectivo.
b. Condenación o bloqueo, si es posible, de los aparatos de corte. Señalización en el mando de los aparatos indicando "No energizar" o "prohibido maniobrar" y retirar los portafusibles de los cortacircuitos. Se llama "condenación o bloqueo" de un aparato de maniobra al conjunto de operaciones destinadas a impedir la maniobra de dicho aparato, manteniéndolo en una posición determinada.
c. Verificar ausencia de tensión en cada una de las fases, con el detector de tensión apropiado al nivel de tensión nominal de la red, el cual debe probarse antes y después de cada utilización.
d. Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión que incidan en la zona de trabajo. Es la operación de unir entre sí todas las fases de una instalación, mediante un puente equipotencial de sección adecuada, que previamente ha sido conectado a tierra.
e. Señalizar y delimitar la zona de trabajo. Es la operación de indicar mediante carteles con frases o símbolos el mensaje que debe cumplirse para prevenir el riesgo de accidente.

Figura - 26 – Evaluación nivel de riesgo contacto directo baja tensión

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

EVALUACION DEL NIVEL DE RIESGO ELECTRICO											
PROYECTO: SUBESTACION ELECTRICA 630 - 500 y 250 KVA estación Motriz Victoria											
RIESGO A EVALUAR:	QUEMADURAS por ARCO (al) o (en) TABLERO DE BAJA TENSION			FUENTE							
	EVENTO O EFECTO			FACTOR DE RIESGO			FUEENTE				
POTENCIAL: <u>X</u>		REAL: _____			FRECUENCIA						
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A	
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
		Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
		Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
		Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
		Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

Evaluador: JUAN CARLOS ECHEVERRY MP: CC205-30896 FECHA: dic-21

	CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL	
1.	EN PERSONAS	3	D	BAJO
2.	ECONOMICAS	2	D	BAJO
3.	AMBIENTALES	1	D	BAJO
4.	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA	1	D	BAJO

RIESGO MAS ALTO A EVALUAR BAJO

SISTEMAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR:

VERIFICAR QUE LAS PROTECCIONES ESTÉN DE ACUERDO AL PLANO Y SU MANIPULACIÓN SEA SEGURA
 VERIFICAR QUE EL TABLERO ESTE PUESTO A TIERRA Y EQUIPOTENCIALIZADO CORRECTAMENTE
 TENER PRESENTE LOS AVISOS DE PREVENCIÓN EXISTENTES
 VERIFICAR QUE LOS NIVELES DE TENSIÓN DE CADA TABLERO SEAN LOS INDICADOS EN PLANO Y/O DISEÑOS
 VERIFICAR AUSENCIA DE TENSIÓN
 EL PERSONAL A TRABAJAR EN LOS TABLEROS SER CAPACITADO, AUTORIZADO Y QUE LLEVE TODOS LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD, VESTIDO, PROTECCION PERSONAL, CASCO, GAFAS CON PROTECCION RAYOS UV, GUANTES, CALZADO AISLADO.
 USAR HERRAMIENTAS CON AISLAMIENTO HASTA 600V Y MANIPULARLAS ADECUADAMENTE
 IDENTIFICAR LAS ZONAS DE ACCESO RESTRINGIDO DONDE EXISTAN TABLEROS DE BAJA TENSIÓN



PARA EJECUTAR TRABAJOS EN BAJA Y MEDIA TENSIÓN.

SOLICITAR PERMISOS EN EL OPERADOR DE RED ANTES DE REALIZAR CUALQUIER TRABAJO.
 UTILIZAR LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.
 Los trabajos que deban desarrollarse con las redes o equipos desenergizados, deben cumplir las siguientes "Reglas de oro":
 a. Efectuar el corte visible de todas las fuentes de tensión, mediante interruptores y seccionadores, de forma que se asegure la
 b. Condenación o bloqueo, si es posible, de los aparatos de corte. Señalización en el mando de los aparatos indicando "No energizar" o
 c. Verificar ausencia de tensión en cada una de las fases, con el detector de tensión apropiado al nivel de tensión nominal de la red, el cual
 d. Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión que incidan en la zona de trabajo. Es la operación de unir entre
 e. Señalizar y delimitar la zona de trabajo. Es la operación de indicar mediante carteles con frases o símbolos el mensaje que debe cumplirse

Figura - 27 – Evaluación nivel de riesgo arco baja tensión

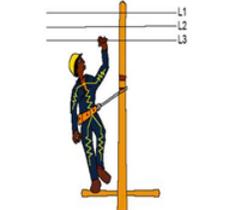
Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

Anexo General Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE			
COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	MUY ALTO	<p>Inadmisibile para trabajar: Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo.</p> <p>Requiere permiso especial de trabajo.</p>	<p>Buscar procedimientos 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).</p>
	ALTO	<p>Minimizarlo: Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP.</p> <p>Requiere permiso especial de trabajo.</p>	<p>El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisi de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.</p>
	MEDIO	<p>Aceptarlo: Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP).</p> <p>Requiere permiso de trabajo.</p>	<p>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.</p>
	BAJO	<p>Asumirlo: Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP.</p> <p>No requiere permiso especial de trabajo.</p>	<p>El líder de trabajo debe verifica:</p> <ul style="list-style-type: none"> •¿Qué puede salir mal o fallar? •¿Qué puede 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

RETIE: TABLA 9.4 Desiciones y acciones para controlar el riesgo

Figura - 28 – Decisiones y acciones para controlar el riesgo

Fuente – Tabla 9.4 RETIE

	<p style="text-align: center;">ARCOS ELECTRICOS</p> <p>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 si 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.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas a cordes con el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta.</p>
	<p style="text-align: center;">AUSENCIA DE ELECTRICIDAD (EN DETERMINADOS CASOS)</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Apagón o corte del servicio, no disponer de un sistema interrumpido de potencia - UPS, no tener plantas de emergencia, no tener transferencia. Por ejemplo: Lugares donde se exijan plantas de emergencia como hospitales y aeropuertos.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Disponer de sistemas interrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática.</p>
	<p style="text-align: center;">CONTACTO DIRECTO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Negligencia de Técnicos o impericia de no Técnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad.</p> <p>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.</p>
	<p style="text-align: center;">CONTACTO INDIRECTO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.</p> <p>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.</p>
	<p style="text-align: center;">CORTOCIRCUITO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos defectuosos.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.</p>
	<p style="text-align: center;">ELECTRICIDAD ESTÁTICA</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Union y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Sistema de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente, eliminadores eléctricos y radiactivos, pisos conductivos.</p>

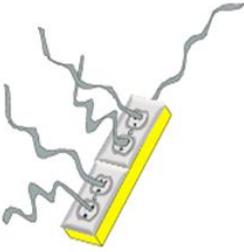
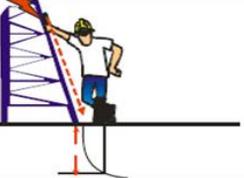
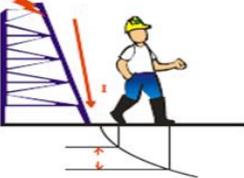


**ALCALDIA MAYOR
BOGOTÁ D.C.**
Instituto
DESARROLLO URBANO

ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA
FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE
AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.



CONSORCIO CS
Caly Mayor Colombia S.A.S. Supering
Ingeniería y Operación de Proyectos

	<p style="text-align: center;">EQUIPO DEFECTUOSO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Mantenimiento predictivo, y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.</p>
	<p style="text-align: center;">RAYOS</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Fallas en el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección.</p> <p>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.</p>
	<p style="text-align: center;">SOBRECARGA</p> <p>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.</p> <p>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.</p>
	<p style="text-align: center;">TENSIÓN DE CONTACTO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puesta a tierra de baja resistencia, restricción de acceso, alta resistividad del piso, equipotencializar.</p>
	<p style="text-align: center;">TENSIÓN DE PASO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas, retardo en el despeje de la falla.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puesta a tierra de baja resistencia, restricción de acceso, alta resistividad del piso, equipotencializar.</p>

RETIE: TABLA 9.5 Factores de riesgos eléctricos más comunes

Figura - 29 – Factores de riesgo eléctrico más comunes

Fuente – Tabla 9.5 RETIE

	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	
---	--	---

4.6 Análisis del nivel tensión requerido.

La tensión del sistema eléctrico en la estación Victoria: En media tensión 11.4 kV y en baja tensión 440/254/208/120, verificar en el ítem 4.2, coordinación de aislamiento donde se indican los niveles de tensión a usar en el proyecto subestación tipo interior 630kVA, 500kVA y 250kVA.

4.7 Cálculo de campos electromagnéticos

No aplica para este proyecto debido a que la red de media tensión aérea es existente y a una distancia considerable de las estructuras, de igual manera, bajo las redes mencionadas no se presenta permanencia de personas mayor a 8 horas. Cabe resaltar, que la red de media y baja tensión es subterránea con canalización independiente de acuerdo a normatividad vigente.

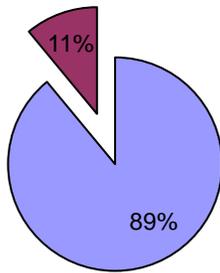
4.8 Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.

Se realiza el cálculo de transformador de acuerdo a las cargas a usar en el proyecto, y a los cuadros de carga en el ítem 4.1

TRANSFORMADOR 630kVA

Transformador

Menu Principal



■ Uso ■ Reserva

Proyecto: TX:
1 TR1

Cargas del Transformador

N°	Descripción	Carga	Unidad	FP	Ef.	VA	W	VAR
1	Motriz electromecánica	500000	VA	0,8	90	500000	400000	300000
2	control electr.	50000	VA	0,8	90	50000	40000	30000
3	Tomas Mantenimiento	10800	VA	0,8	90	10800	8640	6480
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

Voltaje del sistema 240 V

Sub Total 448640,00 336480,00

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Total 560800 VA

Nota: todas las cargas se consideran trifásicas para fines del calculo, a menos que se exprese directamente en VA

Capacidad del Transformador
630 kVA

89,02% Uso
10,98% Reserva
69,2 kVA Reserva

Figura - 30 – Cargas transformador 630 kVA

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

Cálculos Eléctricos Para Transformador

Nombre del Proyecto: TRANSFORMADOR 630kVA
Código: 1
Nombre del transformador: TR1
Fecha: **23/12/2021**

Datos Eléctricos

Potencia:	630 kVA	Clase del transformador :	Transformadores Trifásicos seco
Tipo de alimentación:	Trifásico	Enfriamiento:	(IEEE C57.93)
Impedancia base:	276,57 mΩ	TIPO OA	Sumergido en aceite, con enfriamiento natural.
Frecuencia:	60 Hz		
Relación de Trans.:	55:1		

Primario

Tipo de conexión: **Delta**
Hilos: **2**
Voltaje de línea: **13,2 kV L-L**
Voltaje de fase: **13,2 kV**
Corriente de línea: **27,56 A**
Corriente de Fase: **15,91 A**
Conexión del neutro: **No tiene**

Secundario

Tipo de conexión: **Estrella**
Hilos: **3**
Voltaje de línea: **0,24 kV L-L (240 V)**
Voltaje(s) de fase: **0,13856406 kV (0 V)**
Corriente de línea: **1515,54 A**
Corriente de Fase: **1515,54 A**
Conexión del neutro: **solidamente a tierra**

Alimentadores

Primario

Factor mult. de corriente: **125 %**
Corriente de diseño: **34,44 A**
Material: **COBRE**
Voltaje de Operación Cable: **5001-35000 V**
Tabla aplicada: **Tabla 310.73 CEN 2004**
Calibre: **2 AWG / MCM**
Temp. Op.: **90°C**
Fact. Temp: **21-25 °C**
Corriente nominal cable: **150 A**
Conductores por fase: **1**
Cap. Total por fase: **150 A**
% carga en el cable: **22,96%**
% Reserva: **77,04%**
Calibre del neutro: **AWG / MCM**
Conductores por neutro:

Protecciones

Primario

Limitaciones sobre el lugar: **Supervisados**
% Impedancia del TX: **Mas de 6% pero menos de 10%**
Tipo de protección: **Fusible**
Tabla 450.3(A) CEN-2004
Ajuste max. del dispositivo: **125 % I de diseño**
Cap. de corriente del dispositivo: **50 A AF**
Max corriente de ajuste: **43,06 A AD**

Sistema de puesta a tierra

Tipo de conductor: **Desnudo**
Cantidad de conexiones: **1 CEN 2004 tabla 250-122**
Calibre mínimo: **2**

AF: AMPERIOS FRAME
AD: AMPERIOS DE DISPARO

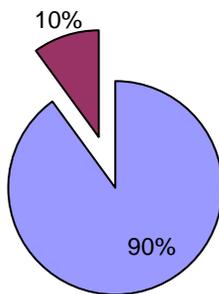
Figura - 31 – Cálculos eléctricos transformador 630 kVA

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

TRANSFORMADOR 500kVA

Transformador

Menu Principal



■ Uso ■ Reserva

Proyecto: 1 TX: TR1

Cargas del Transformador								
N°	Descripción	Carga	Unidad	FP	Ef.	VA	W	VAR
1	Motor electromecánico	400000	VA	0,8	90	400000	320000	240000
2	control electr.	50000	VA	0,8	90	50000	40000	30000
3			VA					
4								
5			VA					
6			VA					
7			HP					
8			HP					
9			HP					
10			HP					

Voltaje del sistema 240 V

Sub Total 360000,00 270000,00

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Total 450000 VA

Nota: todas las cargas se consideran trifásicas para fines del calculo, a menos que se exprese directamente en VA

Capacidad del Transformador
500 kVA

90,00% Uso
10,00% Reserva
50 kVA Reserva

Figura - 32 – Cargas transformador 500 kVA

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

Cálculos Eléctricos Para Transformador

Nombre del Proyecto: TRANSFORMADOR 500kVA
Código: 1
Nombre del transformador: TR1
Fecha: 23/12/2021

Datos Eléctricos

Potencia:	500 kVA	Clase del transformador :	Transformadores Trifásicos seco
Tipo de alimentación:	Trifásico	Enfriamiento:	(IEEE C57.93)
Impedancia base:	348,48 mΩ	TIPO OA	Sumergido en aceite, con enfriamiento natural.
Frecuencia:	60 Hz		
Relación de Trans.:	55:1		

Primario

Tipo de conexión: Delta
Hilos: 2
Voltaje de línea: 13,2 kV L-L
Voltaje de fase: 13,2 kV
Corriente de línea: 21,87 A
Corriente de Fase: 12,63 A
Conexión del neutro: No tiene

Secundario

Tipo de conexión: Estrella
Hilos: 3
Voltaje de línea: 0,24 kV L-L (240 V)
Voltaje(s) de fase: 0,13856406 kV (0 V)
Corriente de línea: 1202,81 A
Corriente de Fase: 1202,81 A
Conexión del neutro: solidamente a tierra

Alimentadores

Primario

Factor mult. de corriente: 125 %
Corriente de diseño: 27,34 A
Material: COBRE
Voltaje de Operación Cable: 5001-35000 V
Tabla aplicada: Tabla 310.73 CEN 2004
Calibre: 2 AWG / MCM
Temp. Op.: 90°C
Fact. Temp: 21-25 °C
Corriente nominal cable: 150 A
Conductores por fase: 1
Cap. Total por fase: 150 A
% carga en el cable: 18,22%
% Reserva: 81,78%
Calibre del neutro: AWG / MCM
Conductores por neutro:

Protecciones

Primario

Limitaciones sobre el lugar: Supervisados
% Impedancia del TX: Mas de 6% pero menos de 10%
Tipo de protección: Fusible
Tabla 450.3(A) CEN-2004
Ajuste max. del dispositivo: 125 % I de diseño
Cap. de corriente del dispositivo: 40 A AF
Max corriente de ajuste: 34,17 A AD

Sistema de puesta a tierra

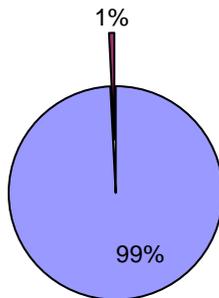
Tipo de conductor: Desnudo
Cantidad de conexiones: 1 CEN 2004 tabla 250-122
Calibre mínimo: 2

AF: AMPERIOS FRAME
AD: AMPERIOS DE DISPARO

Figura - 33 – Cálculos eléctricos transformador 500 kVA

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

TRANSFORMADOR 250kVA



■ Uso ■ Reserva

Proyecto: TX:
1 TR1

Cargas del Transformador

N°	Descripción	Carga	Unidad	FP	Ef.	VA	W	VAR
1	Transmilenio	160000	VA	0,9		160000	144000	69742,3831
2	Local comercial 1	30000	VA	0,9		30000	27000	13076,69683
3	Local comercial 2	30000	VA	0,9		30000	27000	13076,69683
4	Policia	8000	VA	0,9		8000	7200	3487,119155
5	Cajeros	10000	VA	0,9		10000	9000	4358,898944
6	Recaudo	10000	VA	0,9		10000	9000	4358,898944
7			HP					
8			HP					
9			HP					
10			HP					

Voltaje del sistema 240 V

Sub Total 223200,00 108100,69

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Total 248000 VA

Nota: todas las cargas se consideran trifásicas para fines del calculo, a menos que se exprese directamente en VA

Capacidad del Transformador
250 kVA

99,20% Uso
0,80% Reserva
2 kVA Reserva

Figura - 34 – Cargas transformador 250 kVA

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

Cálculos Eléctricos Para Transformador

Nombre del Proyecto: TRANSFORMADOR 250kVA
Código: 1
Nombre del transformador: TR1
Fecha: 23/12/2021

Datos Eléctricos

Potencia:	250 kVA	Clase del transformador :	Transformadores Trifásicos seco
Tipo de alimentación:	Trifásico	Enfriamiento:	(IEEE C57.93)
Impedancia base:	696,96 mΩ	TIPO OA	Sumergido en aceite, con enfriamiento natural.
Frecuencia:	60 Hz		
Relación de Trans.:	55:1		

Primario

Tipo de conexión: Delta
Hilos: 2
Voltaje de línea: 13,2 kV L-L
Voltaje de fase: 13,2 kV
Corriente de línea: 10,93 A
Corriente de Fase: 6,31 A
Conexión del neutro: No tiene

Secundario

Tipo de conexión: Estrella
Hilos: 3
Voltaje de línea: 0,24 kV L-L (240 V)
Voltaje(s) de fase: 0,13856406 kV (0 V)
Corriente de línea: 601,41 A
Corriente de Fase: 601,41 A
Conexión del neutro: solidamente a tierra

Alimentadores

Primario

Factor mult. de corriente: 125 %
Corriente de diseño: 13,67 A
Material: COBRE
Voltaje de Operación Cable: 5001-35000 V
Tabla aplicada: Tabla 310.73 CEN 2004
Calibre: 2 AWG / MCM
Temp. Op.: 90°C
Fact. Temp: 21-25 °C
Corriente nominal cable: 150 A
Conductores por fase: 1
Cap. Total por fase: 150 A
% carga en el cable: 9,11%
% Reserva: 90,89%
Calibre del neutro: AWG / MCM
Conductores por neutro:

Protecciones

Primario

Limitaciones sobre el lugar: Supervisados
% Impedancia del TX: Mas de 6% pero menos de 10%
Tipo de protección: Fusible
Tabla 450.3(A) CEN-2004
Ajuste max. del dispositivo: 125 % I de diseño
Cap. de corriente del dispositivo: 25 A AF
Max corriente de ajuste: 17,09 A AD

Sistema de puesta a tierra

Tipo de conductor: Desnudo
Cantidad de conexiones: 1 CEN 2004 tabla 250-122
Calibre mínimo: 2

AF: AMPERIOS FRAME
AD: AMPERIOS DE DISPARO

Figura - 35 – Cálculos eléctricos transformador 250 kVA

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

 <p>ALCALDIA MAYOR BOGOTA D.C. Instituto DESARROLLO URBANO</p>	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	 <p>CONSORCIO CS Caly Mayor Colombia S.A.S. Supering Ingeniería y Proyectos</p>
--	--	---

4.9 Cálculo del sistema de puesta a tierra.

Para este diseño se tiene en cuenta un conjunto de normas y reglamentos que requieren ser cumplidas por diferentes entidades tanto nacionales como internacionales para el tipo de obras eléctricas. Más específicamente se nombran a continuación:

- Norma Técnica Colombiana NTC 2050 primera actualización de 1998.
- Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, vigente. 2013 (Artículo 10)
- IEEE 80 – 2000 Guide for Safety in AC Substation Grounding
- Criterios de diseño del Ingeniero a cargo del proyecto eléctrico.

FUNCIONES DE UNA MALLA DE PUESTA A TIERRA

Entre las más importantes se tienen:

- 2.1 Evitan sobretensiones producidos por descargas atmosféricas, operación o maniobras de disyuntores.
- 2.2 Proporcionar una vía rápida de descarga de baja impedancia con el fin de mejorar y asegurar el funcionamiento de protecciones.
- 2.3 Proporcionar seguridad al personal de la subestación.

REQUISITOS QUE SE CUMPLIRAN EN EL DISEÑO DE LA MALLA DE PUESTA

Los requisitos que debe cumplir una malla de puesta a tierra son los siguientes:

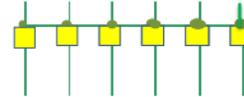
- a. Debe tener una resistencia tal, que el sistema se considere sólidamente puesto a tierra.
- b. La variación de la resistencia, debido a cambios ambientales, debe ser despreciable de manera que la corriente de falla a tierra, en cualquier momento, sea capaz de producir el disparo de las protecciones.
- c. Impedancia de onda de valor bajo para fácil paso de las descargas atmosféricas.
- d. Debe conducir las corrientes de falla sin provocar gradientes de potencial peligrosos entre sus puntos vecinos.
- e. Al pasar la corriente de falla durante el tiempo máximo establecido de falla, (es decir disparo de respaldo), no debe haber calentamientos excesivos.
- f. Debe ser resistente a la corrosión.

CALCULO DE MALLA (GRID) PARA PUESTA A TIERRA

IDENTIFICACIÓN PROYECTO: ESTACION 20 DE JULIO

INFORMACION BASICA Y VALORES PROPUESTOS

	Unidad de medida	Símbolo	=	Valor
Resistividad del terreno	$\Omega \cdot m$	ρ	=	250
Corriente de falla	kA	I_f	=	3,5
Tiempo de despeje de falla	ms	t_{df}	=	150
Número de varillas		n_v	=	13
Calibre del conductor	AWG	N°	=	2/0
Diámetro del conductor de Malla de PT	mm	d	=	10,630
Largo de la Malla	m	A	=	15
Ancho de la Malla	m	B	=	6
Espaciamento entre conductores	m	D	=	3
Número de conductores de longitud A		m	=	6
Número de conductores de longitud B		n	=	3
Longitud total del conductor de la Malla	m	L_c	=	108
Profundidad de la Malla	m	h	=	0,7



CALCULO DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

Conductores Longitudinales

Rádío del conductor de la Malla (m)	mm	r	=	5,315
Factor de espaciamento longitudinal		F	=	2,01
Espaciamento longitudinal equivalente entre conductores	m	E	=	6,03
Resistencia de un conductor longitudinal	Ω	R_{1cA}	=	25,98
Resistencia de interferencia para un conductor longitudinal	Ω	R_{iA}	=	3,95
Resistencia total de un conductor longitudinal	Ω	R_{tcA}	=	45,72
Resistencia de m conductores longitudinales	Ω	R_{mcA}	=	7,62

$R_{PT} = 6,06 \Omega$

Conductores Transversales

Factor de espaciamento transversal		F	=	1,26
Espaciamento transversal equivalente entre conductores	m	E	=	3,78
Resistencia de un conductor transversal	Ω	R_{1cB}	=	53,65
Resistencia de interferencia para un conductor transversal	Ω	R_{iB}	=	7,55
Resistencia de interferencias mutuas longitudinales y transversales	Ω	R_{iAB}	=	34,84
Resistencia total de un conductor transversal	Ω	R_{tcB}	=	88,49
Resistencia de n conductores transversales	Ω	R_{ncB}	=	29,497

OPERATIVIDAD DE LA MALLA

Corriente a "Evacuar" o a Disipar por la Malla

Factor de división de corriente - Fracción de corriente de falla que debe disipar la Malla.		S_f	=	0,50
Factor de proyección - Futuras ampliaciones		C_p	=	1,00
Factor de decremento o corrección por I_f simétrica		D_f	=	1,00
Corriente a disipar por la malla - Grid	kA	I_G	=	1,75

CALCULADOR MALLA DE PUESTA A TIERRA (2)

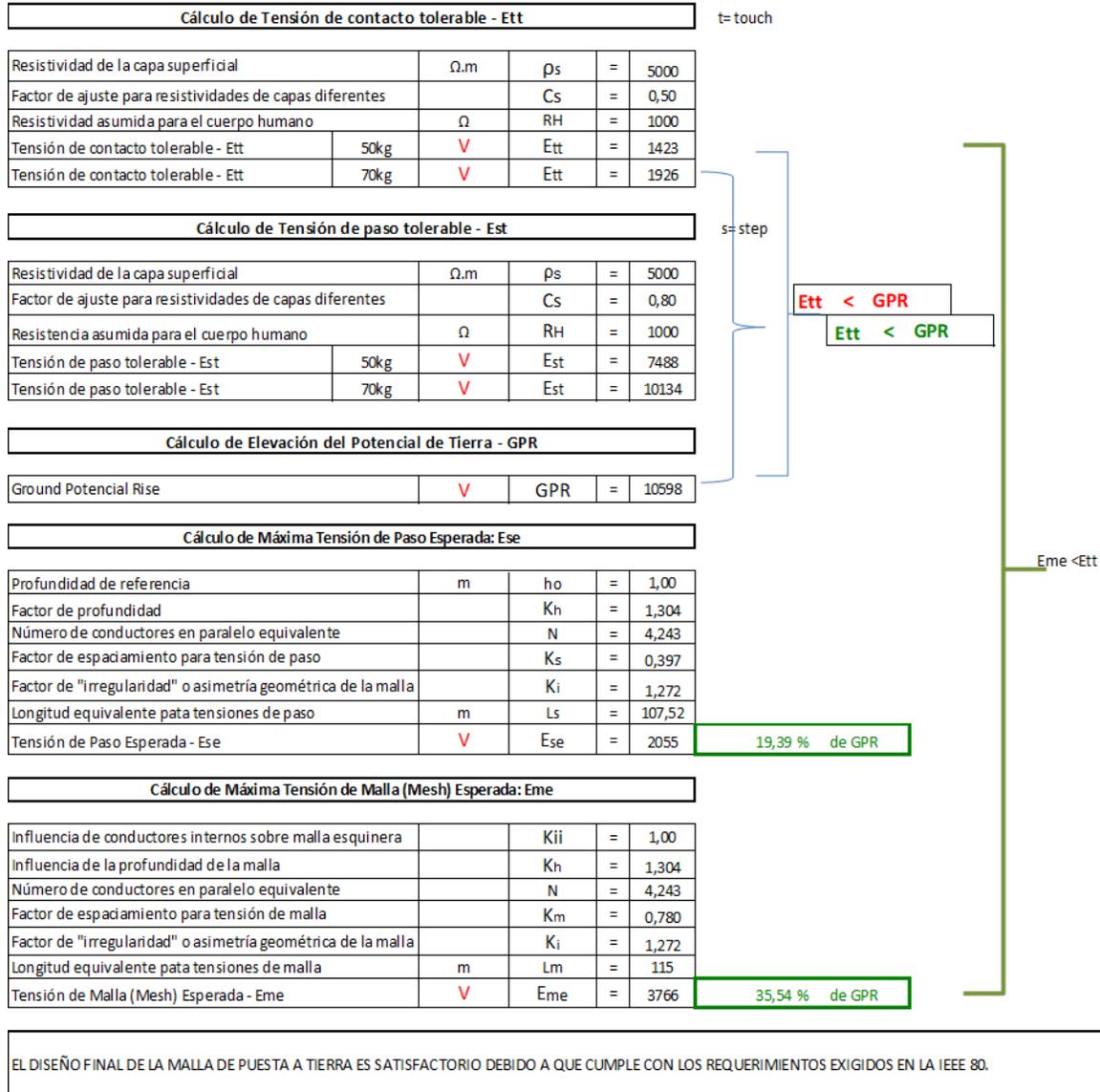


Figura - 36 – Calculo malla para puesta a tierra

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

 <p>ALCALDÍA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto DESARROLLO URBANO</p>	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	 <p>CONSORCIO CS Caly Mayor Colombia S.A.S. Supering Superingeniería y Proyectos</p>
--	--	--

4.10 Cálculo económico de conductores

Se realiza el cálculo económico con el software de procobre donde se tienen en cuenta los costos de energía, tiempo de uso anual del alimentador, calibres y corrientes con una proyección de 20 años, para determinar el dimensionamiento adecuado de los conductores.



Datos Generales sobre la instalación
Fecha : 23-12-2021 Proyecto : ESTACION MOTRIZ VICTORIA Descripción : Subestacion interior con transformadores de 630 y 500 kVA 11.400/440/254 y 250kVA 11.400/208/120 Precio de energía activa : Col\$ 600 Aumento anual de costo de energía, sin incluir efectos de inflación : 3 % Precio de la variación anual de la demanda : Col\$ 0 / W-año Tasa de capitalización : 19 % Vida económica de la instalación : 20 Años Emissiones de CO2 en el momento de la generación por unidad de energía eléctrica : 0,149 kg-CO2/kWh Emissiones de CO2 en el momento de la producción del cobre por kilo de cobre : 4,09 kg-CO2/kg-Cu
Circuitos
Descripción : Tablero General medidores - Local Comercial 1 Tensión nominal : 208 V Tipo de circuito : Fase-fase-fase-neutro Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar Sección técnica : 2 AWG/kCmil Longitud : 20 m Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 84 A Tasa de aumento anual de carga : 1 % Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C Temperatura ambiente media : 21 °C Número de horas de operación de circuito : 20 Número de días por año de operación de circuito : 365 Costo del cable : Col\$ 500,62 / m·mm ²

Descripción : Tablero General medidores - Local Comercial 2
Tensión nominal : 208 V
Tipo de circuito : Fase-fase-fase-neutro
Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar
Sección técnica : 2 AWG/kCmil
Longitud : 35 m
Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 84 A
Tasa de aumento anual de carga : 1 %
Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C
Temperatura ambiente media : 21 °C
Número de horas de operación de circuito : 20
Número de días por año de operación de circuito : 365
Costo del cable : Col\$ 500,62 / m-mm2

Descripción : Tablero General transmilenio - Tablero iluminación
Tensión nominal : 208 V
Tipo de circuito : Fase-fase-fase-neutro
Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar
Sección técnica : 6 AWG/kCmil
Longitud : 16 m
Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 47 A
Tasa de aumento anual de carga : 1 %
Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C
Temperatura ambiente media : 21 °C
Número de horas de operación de circuito : 20
Número de días por año de operación de circuito : 365
Costo del cable : Col\$ 500,62 / m-mm2

Descripción : Tablero General transmilenio - TTN tablero tomacorrientes generales
Tensión nominal : 208 V
Tipo de circuito : Fase-fase-fase-neutro
Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar
Sección técnica : 2 AWG/kCmil
Longitud : 16 m
Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 70 A
Tasa de aumento anual de carga : 1 %
Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 90 °C
Temperatura ambiente media : 21 °C
Número de horas de operación de circuito : 20
Número de días por año de operación de circuito : 365
Costo del cable : Col\$ 500,62 / m-mm2

Descripción : Tablero General transmilenio - Tablero Regulado TTR

Tensión nominal : 208 V

Tipo de circuito : Fase-fase-fase-neutro

Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar

Sección técnica : 2 AWG/kCmil

Longitud : 16 m

Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 84 A

Tasa de aumento anual de carga : 1 %

Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C

Temperatura ambiente media : 21 °C

Número de horas de operación de circuito : 20

Número de días por año de operación de circuito : 365

Costo del cable : Col\$ 500,62 / m·mm²

Descripción : Tablero General transmilenio - Tomacorriente trifasico mantenimiento

Tensión nominal : 208 V

Tipo de circuito : Fase-fase-fase-neutro

Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar

Sección técnica : 10 AWG/kCmil

Longitud : 40 m

Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 23 A

Tasa de aumento anual de carga : 1 %

Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C

Temperatura ambiente media : 21 °C

Número de horas de operación de circuito : 20

Número de días por año de operación de circuito : 365

Costo del cable : Col\$ 500,62 / m·mm²

Descripción : Tablero General transmilenio - Ascensor 1

Tensión nominal : 208 V

Tipo de circuito : Fase-fase-fase

Tipo de cable : 0,6/1 kV – tripolar

Sección técnica : 8 AWG/kCmil

Longitud : 30 m

Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 28 A

Tasa de aumento anual de carga : 1 %

Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C

Temperatura ambiente media : 21 °C

Número de horas de operación de circuito : 16

Número de días por año de operación de circuito : 365

Costo del cable : Col\$ 500,62 / m·mm²

Descripción : Tablero General transmilenio - Ascensor 2

Tensión nominal : 208 V

Tipo de circuito : Fase-fase-fase

Tipo de cable : 0,6/1 kV – tripolar

Sección técnica : 8 AWG/kCmil

Longitud : 35 m

Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 28 A

Tasa de aumento anual de carga : 1 %

Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C

Temperatura ambiente media : 21 °C

Número de horas de operación de circuito : 16

Número de días por año de operación de circuito : 365

Costo del cable : Col\$ 500,62 / m·mm²

Descripción : Tablero General transmilenio - Equipo de presión

Tensión nominal : 208 V

Tipo de circuito : Fase-fase-fase

Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar

Sección técnica : 1/0 AWG/kCmil

Longitud : 40 m

Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 112 A

Tasa de aumento anual de carga : 1 %

Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C

Temperatura ambiente media : 21 °C

Número de horas de operación de circuito : 16

Número de días por año de operación de circuito : 365

Costo del cable : Col\$ 500,62 / m·mm²

Descripción : Tablero General transmilenio - Pítona 11

Tensión nominal : 208 V

Tipo de circuito : Fase-fase-neutro

Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar

Sección técnica : 8 AWG/kCmil

Longitud : 50 m

Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 14 A

Tasa de aumento anual de carga : 1 %

Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C

Temperatura ambiente media : 21 °C

Número de horas de operación de circuito : 16

Número de días por año de operación de circuito : 365

Costo del cable : Col\$ 500,62 / m·mm²

Descripción : Tablero General transmilenio - Pilona 12
Tensión nominal : 208 V
Tipo de circuito : Fase-fase-neutro
Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar
Sección técnica : 8 AWG/kCmil
Longitud : 60 m
Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 14 A
Tasa de aumento anual de carga : 1 %
Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C
Temperatura ambiente media : 21 °C
Número de horas de operación de circuito : 16
Número de días por año de operación de circuito : 365
Costo del cable : Col\$ 500,62 / m-mm²

Descripción : Tablero General transmilenio - Pilona 13
Tensión nominal : 208 V
Tipo de circuito : Fase-fase-neutro
Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar
Sección técnica : 8 AWG/kCmil
Longitud : 60 m
Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 14 A
Tasa de aumento anual de carga : 1 %
Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C
Temperatura ambiente media : 21 °C
Número de horas de operación de circuito : 16
Número de días por año de operación de circuito : 365
Costo del cable : Col\$ 500,62 / m-mm²

Descripción : Tablero General transmilenio - Pilona 14
Tensión nominal : 208 V
Tipo de circuito : Fase-fase-neutro
Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar
Sección técnica : 8 AWG/kCmil
Longitud : 70 m
Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 14 A
Tasa de aumento anual de carga : 1 %
Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C
Temperatura ambiente media : 21 °C
Número de horas de operación de circuito : 16
Número de días por año de operación de circuito : 365
Costo del cable : Col\$ 500,62 / m-mm²

Descripción : Tablero General medidores - Policia
Tensión nominal : 208 V
Tipo de circuito : Fase-fase-fase-neutro
Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar
Sección técnica : 8 AWG/kCmil
Longitud : 40 m
Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 23 A
Tasa de aumento anual de carga : 1 %
Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C
Temperatura ambiente media : 21 °C
Número de horas de operación de circuito : 20
Número de días por año de operación de circuito : 365
Costo del cable : Col\$ 500,62 / m-mm2

Descripción : Tablero General medidores - Cajeros
Tensión nominal : 208 V
Tipo de circuito : Fase-fase-fase-neutro
Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar
Sección técnica : 8 AWG/kCmil
Longitud : 38 m
Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 28 A
Tasa de aumento anual de carga : 1 %
Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C
Temperatura ambiente media : 21 °C
Número de horas de operación de circuito : 20
Número de días por año de operación de circuito : 365
Costo del cable : Col\$ 500,62 / m-mm2

Descripción : Tablero General medidores - Recaudo
Tensión nominal : 380 V
Tipo de circuito : Fase-fase-fase-neutro
Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar
Sección técnica : 8 AWG/kCmil
Longitud : 30 m
Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 28 A
Tasa de aumento anual de carga : 1 %
Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C
Temperatura ambiente media : 21 °C
Número de horas de operación de circuito : 20
Número de días por año de operación de circuito : 365
Costo del cable : Col\$ 500,62 / m-mm2

Descripción : Tablero general 440V 630kVA - Control electromecanico 1

Tensión nominal : 440 V

Tipo de circuito : Fase-fase-fase-neutro

Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar

Sección técnica : 2 AWG/kCmil

Longitud : 30 m

Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 79 A

Tasa de aumento anual de carga : 1 %

Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C

Temperatura ambiente media : 21 °C

Número de horas de operación de circuito : 20

Número de días por año de operación de circuito : 365

Costo del cable : Col\$ 500,62 / m-mm2

Descripción : Tablero general 440V 500kVA - Control electromecanico 2

Tensión nominal : 440 V

Tipo de circuito : Fase-fase-fase-neutro

Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar

Sección técnica : 2 AWG/kCmil

Longitud : 30 m

Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 79 A

Tasa de aumento anual de carga : 1 %

Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C

Temperatura ambiente media : 21 °C

Número de horas de operación de circuito : 20

Número de días por año de operación de circuito : 365

Costo del cable : Col\$ 500,62 / m-mm2

Descripción : Tablero general 440V 630kVA - Tomas mantenimiento 440V

Tensión nominal : 440 V

Tipo de circuito : Fase-fase-fase-neutro

Tipo de cable : 0,6/1 kV – unipolar

Sección técnica : 10 AWG/kCmil

Longitud : 100 m

Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 15 A

Tasa de aumento anual de carga : 1 %

Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 70 °C

Temperatura ambiente media : 21 °C

Número de horas de operación de circuito : 16

Número de días por año de operación de circuito : 200

Costo del cable : Col\$ 500,62 / m-mm2

Cálculo												
Circuito	Sección Técnica (STEC)			Sección Económica y Ambiental (SEAC)				Ahorro de Inversión (\$)	Tiempo de retorno de Inversión (años)	Ahorro de energía (kWh)	Ganancia ambiental (reducción de CO2) (kg -CO2)	
	Sección nominal (AWG/kCmit)	CI (\$)	CJ (\$)	CT (\$)	Sección nominal (AWG/kCmit)	CI (\$)	CJ (\$)					CT (\$)
Tablero General medidores - Local Comercial 1	2	2.740.800	9.928.583	12.669.383	350	7.973.120	1.883.239	9.856.359	2.813.024	13	13.409	5.543
Tablero General medidores - Local Comercial 2	2	4.796.400	17.375.020	22.171.420	350	13.952.960	3.295.668	17.248.628	4.922.792	13	23.466	9.700
Tablero General transmision - Tablero Iluminacion	6	1.278.912	6.287.668	7.566.580	3/0	3.716.480	983.488	4.699.968	2.866.612	9	8.840	3.800
Tablero General transmision - TTN tablero tomacorrientes generales	2	2.192.640	5.739.567	7.932.207	300	5.681.920	1.269.879	6.951.799	980.408	16	7.449	3.011
Tablero General transmision - Tablero Regulado TTR	2	2.192.640	7.942.860	10.135.506	350	6.378.496	1.506.591	7.885.087	2.250.419	13	10.727	4.434
Tablero General transmision - Tomacorriente trifasico mantenimiento	10	2.313.280	9.518.214	11.831.494	2	5.481.600	1.488.725	6.970.325	4.861.170	8	13.382	5.858
Tablero General transmision - Ascensor 1	8	496.710	3.989.226	4.485.936	1/0	1.303.200	623.992	1.927.192	2.558.744	5	5.609	2.360
Tablero General transmision - Ascensor 2	8	579.495	4.654.097	5.233.592	1/0	1.520.400	727.991	2.248.391	2.985.201	5	6.544	2.754
Tablero General transmision - Equipo de presion	1/0	5.212.800	13.311.834	18.524.634	350	11.959.680	4.017.576	15.977.256	2.547.378	15	15.490	6.221
Tablero General transmision - Pllona 11	8	2.483.550	1.662.178	4.145.728	8	2.483.550	1.662.178	4.145.728	0	0	0	0
Tablero General transmision - Pllona 12	8	2.980.200	1.994.613	4.974.873	8	2.980.200	1.994.613	4.974.873	0	0	0	0

Tablero General transmisor - Pllona 13	8	2.980.260	1.994.613	4.974.873	8	2.980.260	1.994.613	4.974.873	0	0	0	0
Tablero General transmisor - Pllona 14	8	3.476.970	2.327.049	5.804.019	8	3.476.970	2.327.049	5.804.019	0	0	0	0
Tablero General medidores - Policía	8	2.649.120	5.981.578	8.630.698	2	5.481.600	1.488.725	6.970.325	1.600.373	13	7.488	3.190
Tablero General medidores - Cajeros	8	2.516.664	8.421.700	10.938.304	1/0	6.602.880	1.317.317	7.920.197	3.018.167	12	11.841	5.058
Tablero General medidores - Recaudos	8	1.986.840	6.648.710	8.635.550	1/0	5.212.800	1.039.987	6.252.787	2.382.763	12	9.348	3.993
Tablero general 440V 930kVA - Control electromecánico 1	2	4.111.200	13.172.679	17.283.879	300	10.653.600	2.914.455	13.568.055	3.715.824	13	17.097	7.061
Tablero general 440V 930kVA - Control electromecánico 2	2	4.111.200	13.172.679	17.283.879	300	10.653.600	2.914.455	13.568.055	3.715.824	13	17.097	7.061
Tablero general 440V 930kVA - Tomas mantenimiento 440V	10	5.783.200	4.436.592	10.219.792	10	5.783.200	4.436.592	10.219.792	0	0	0	0
		54.882.941	138.559.465	193.442.406		114.276.576	37.887.132	152.163.708	41.278.699	12	167.787	70.043

Instituto de Desarrollo Urbano

Figura - 37 – Cálculo económico de conductores

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS - software de procobre

4.11 Verificación de los conductores

En los cuadros de cargas se puede verificar los calibres de los conductores de acuerdo a las características de la instalación y a la corriente demandada por cada uno de los circuitos diseñados.

	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	
---	--	---

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

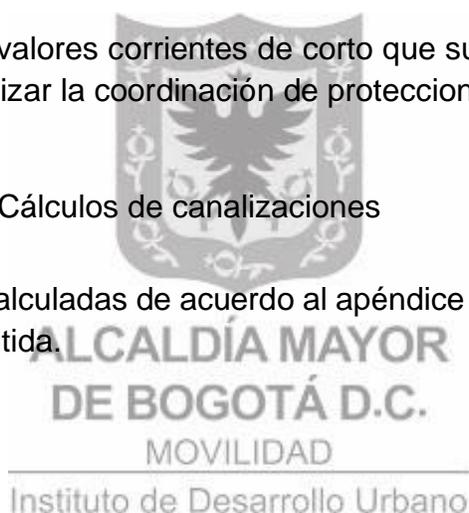
No aplica a este proyecto, puesto que las redes de media tensión (11.400V) son existentes y las proyectadas serán subterráneas.

4.13 Cálculo y coordinación de protecciones contra sobre corrientes.

Se está a la espera de los valores corrientes de corto que suministra el operador de red ENEL-CODENSA para realizar la coordinación de protecciones completa.

4.14 Cálculos de canalizaciones

Las canalizaciones están calculadas de acuerdo al apéndice C, tabla 11 NTC 2050. Para la ocupación máxima permitida.



Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
Nº	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	2	15 KV 133%	3	25,10	494,97	1484,90
2	8	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0	6,75	35,78	0,00
3	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0	4,61	16,69	0,00
4	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0	4,61	16,69	0,00
5	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0	4,61	16,69	0,00
Area Total						1484,90 mm2
Tipo de Ducto: Tubo de PVC, Tipo EB						
Diametro: 6 Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado 3 "						
Max. Ocupacion						40,00%
Ocupación						7,30%

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
Nº	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	12	THW 600 V	3	3,84	11,58	34,74
2	10	THW 600 V	0			
3	8	THW 600 V	0			
4	6	THW 600 V	0			
5	4	THW 600 V	0			
Area Total						34,74 mm2
Tipo de Ducto: Tuberia Metalica Electrica						
Diametro: 3/4 Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado 1 "						
Max. Ocupacion						40,00%
Ocupación						10,13%

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	12	THW 600 V	6	3,84	11,58	69,49
2	10	THW 600 V	0			
3	8	THW 600 V	0			
4	6	THW 600 V	0			
5	4	THW 600 V	0			
					Area Total	69,49 mm2
Tipo de Ducto: Tuberia Metalica Electrica						
Diametro: 3/4 Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado 1 "				Diametro** 20,9 mm		Area Total 343,07 mm2
Max. Ocupacion 40,00%				Ocupación		20,25%

ALCALDÍA MAYOR
BOGOTÁ D.C.
Figura - 38 – Cálculo ocupación de ductos
Fuente – Elaboración propia Consorcio CS
Instituto de Desarrollo Urbano

	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	
---	--	---

4.15 Cálculos de pérdidas de energía

Se realiza en calculo de perdidas por efecto joule en cada uno de los conductores que componen el proyecto.

TRANSFORMADOR 630kVA

Cálculo de Pérdidas en los conductores por efecto Joule												
Diseño:		JUAN CARLOS ECHEVERRY										
Nombre del Proyecto:		SUBESTACION VICTORIA TRANSFORMADOR 630kVA				Potencia de la carga:		630	kVA	23/12/2021		
Nombre del circuito		Potencia	Corriente	Tipo de Servicio	Factor de multiplicación	Material cable/ducto	Calibre de la Fase	Número de conductores por fase	Resistencia (Ohm/km)	Longitud del circuito (m)	Potencia perdida por efecto Joule (W)	
Desde	Hasta	kVA	Ampers									
Transformador 630 kVA	Tablero general 440V 630kVA	630	827	3Ø	3	Cobre/IMC	ELECTROBARRA					
Tablero general 440V 630kVA	Control equipo electromecanico	60	79	3Ø	3	Cobre/IMC	2	1	0,656	10	122,02	
Tablero general 440V 630kVA	Electromecanico	500	656	3Ø	3	Cobre/IMC	ELECTROBARRA					
Tablero general 440V 630kVA	Tomas mantenimiento 440V	10,8	14	3Ø	3	Cobre/IMC	10	2	3,94	10	11,87	
TOTAL:											133,89	
PORCENTAJE DE PÉRDIDAS:											0,0%	

Figura - 39 – Cálculo perdidas de energía 630 kVA

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

TRANSFORMADOR 500kVA

Cálculo de Pérdidas en los conductores por efecto Joule												
Diseño:		JUAN CARLOS ECHEVERRY										
Nombre del Proyecto:		SUBESTACION VICTORIA TRANSFORMADOR 500kVA			Potencia de la carga:		500	kVA	23/12/2021			
Nombre del circuito		Potencia	Corriente	Tipo de Servicio	Factor de multiplicación	Material cable/ducto	Calibre de la Fase	Número de conductores por fase	Resistencia (Ohm/km)	Longitud del circuito (m)	Potencia perdida por efecto Joule (W)	
Desde	Hasta	kVA	Ampers									
Transformador 630 kVA	Tablero general 440V 630kVA	500	656	3Ø	3	Cobre/IMC	ELECTROBARRA					
Tablero general 440V 630kVA	Control equipo electromecanico	60	79	3Ø	3	Cobre/IMC	2	1	0,656	10	122,02	
Tablero general 440V 630kVA	Electromecanico	400	525	3Ø	3	Cobre/IMC	ELECTROBARRA					
Tablero general 440V 630kVA	Tomas mantenimiento 440V	10,8	14	3Ø	3	Cobre/IMC	10	2	3,94	10	11,87	
TOTAL:											133,89	
PORCENTAJE DE PÉRDIDAS:											0,0%	

Figura - 40 – Cálculo perdidas de energía 500 kVA

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

TRANSFORMADOR 250kVA

Cálculo de Pérdidas en los conductores por efecto Joule											
Diseño:		JUAN CARLOS ECHEVERRY									
Nombre del Proyecto:		SUBESTACION VICTORIA TRANSFORMADOR 250kVA			Potencia de la carga:		250	kVA	23/12/2021		
Nombre del circuito		Potencia	Corriente	Tipo de Servicio	Factor de multiplicación	Material cable/ducto	Calibre de la Fase	Número de conductores por fase	Resistencia (Ohm/km)	Longitud del circuito (m)	Potencia perdida por efecto Joule (W)
Desde	Hasta	kVA	Ampers								
Transformador 250 kVA	Tablero general medidores 220V	250	694	3Ø	3	Cobre/IMC	ELECTROBARRA				
T. Medidores 220V	Tablero general transmilenio	150	417	3Ø	3	Cobre/IMC	ELECTROBARRA				
T. General transmilenio	TIG Tablero iluminacion general	16,6875	46	3Ø	3	Cobre/IMC	6	1	1,61	16	166,05
T. General transmilenio	TTG Tablero Tomacorrientes generales	25,102	70	3Ø	3	Cobre/IMC	2	1	0,656	16	153,09
T. General transmilenio	TTR Tablero Tomacorrientes regulados	30	83	3Ø	3	Cobre/IMC	2	1	0,656	16	218,67
T. General transmilenio	Tomacorrientes trifasicos mantenimiento 220 V 2 por piso	8,1	23	3Ø	3	Cobre/IMC	8	1	2,56	40	155,52
T. General transmilenio	Ascensor 1	10	28	3Ø	3	Cobre/IMC	8	1	2,56	30	177,78
T. General transmilenio	Ascensor 2	10	28	3Ø	3	Cobre/IMC	8	1	2,56	35	207,41
T. General transmilenio	Equipo de presion	40,1	111	3Ø	3	Cobre/IMC	1/0	1	0,427	40	635,76
T. General transmilenio	Pilonas 11	5	14	2Ø	2	Cobre/IMC	8	1	2,56	50	49,38
T. General transmilenio	Pilonas 12	5	14	2Ø	2	Cobre/IMC	8	1	2,56	60	59,26
T. General transmilenio	Pilonas 13	5	14	2Ø	2	Cobre/IMC	8	1	2,56	60	59,26
T. General transmilenio	Pilonas 14	5	14	2Ø	2	Cobre/IMC	8	1	2,56	70	69,14
T. Medidores 220V	Local comercial 1	30	83	3Ø	3	Cobre/IMC	2	1	0,656	20	273,33
T. Medidores 220V	Local comercial 2	30	83	3Ø	3	Cobre/IMC	8	1	2,56	35	1866,67
T. Medidores 220V	Policia	8	22	3Ø	3	Cobre/IMC	8	1	2,56	40	151,70
T. Medidores 220V	Cajeros	10	28	3Ø	3	Cobre/IMC	8	1	2,56	38	225,19
T. Medidores 220V	Recaudo	10	28	3Ø	3	Cobre/IMC	8	1	2,56	30	177,78
TOTAL:											4091,31
PORCENTAJE DE PÉRDIDAS:											1,6%

Instituto de Desarrollo Urbano

Figura - 41 – Cálculo perdidas de energía 250 kVA

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

4.16 Cálculos de regulación.

Se realiza el cálculo de acuerdo a lo establecido en la sección 215-2.b de la norma NTC2050 la cual establece la caída de tensión para alimentadores y circuitos ramales – Máximo 5%.

CALCULO REGULACION ACOMETIDAS BAJA TENSIÓN TRANSFORMADOR 250kVA 11400/208/120V													
ALIMENTADOR		CARGA	TENSION	DISTANCIA		MOMENTO	REGULACIÓN %		CABLE COBRE			CORRIENTE	PROTECCIÓN
Desde	Hasta	kVA	V	Tipo	Metros	kVA-M	PARCIAL	ACUMULADA	Fase	Neutro	Tierra	Amperios	Amperios
Transformador 250 kVA	Tablero general medidores 220V	250,0	220 V	3 Ø	15	3750,00	0,56	0,56	ELECTRODUCTO 800A			694,44	3 X (640-800) A
T. Medidores 220V	Tablero general transmilenio	150,0	220 V	3 Ø	12	1800,00	0,44	1,00	ELECTRODUCTO 500A			416,67	4 X (350-500) A
T. General transmilenio	ITG Tablero Iluminación general	16,7	220 V	3 Ø	16	267,00	0,16	1,16	6	6	8	46,35	3 X (35-50) A
T. General transmilenio	ITG Tablero Tomacorrientes generales	25,1	220 V	3 Ø	16	401,63	0,10	1,10	2	2	8	69,73	3 X (56-80) A
T. General transmilenio	ITR Tablero Tomacorrientes regulados	30,0	220 V	3 Ø	16	480,00	0,12	1,12	2	2	8	83,33	3 X (80-100) A
T. General transmilenio	Tomacorrientes trifasicos mantenimiento	8,1	220 V	3 Ø	40	324,00	1,59	2,59	8	8	10	22,50	3 X (28-40) A
T. General transmilenio	Ascensor 1	10,0	220 V	3 Ø	30	300,00	1,48	2,48	8	8	10	27,78	3 X (28-40) A
T. General transmilenio	Ascensor 2	10,0	220 V	3 Ø	35	350,00	1,72	2,72	8	8	10	27,78	4 X (28-40) A
T. General transmilenio	Equipo de presion	40,1	220 V	3 Ø	40	1604,00	1,39	2,39	1/0	1/0	4	111,39	3 X 125 A
T. General transmilenio	Pilonas 11	5,0	220 V	2 Ø	50	250,00	2,46	3,46	8	8	10	13,89	2 X 40 A
T. General transmilenio	Pilonas 12	5,0	220 V	2 Ø	60	300,00	2,95	3,95	8	8	10	13,89	2 X 40 A
T. General transmilenio	Pilonas 13	5,0	220 V	2 Ø	60	300,00	2,95	3,95	8	8	10	13,89	2 X 40 A
T. General transmilenio	Pilonas 14	5,0	220 V	2 Ø	70	350,00	3,44	4,44	8	8	10	13,89	2 X 40 A
T. Medidores 220V	Local comercial 1	30,0	220 V	3 Ø	20	600,00	0,78	1,34	2	2	8	83,33	3 X (80-100) A
T. Medidores 220V	Local comercial 2	30,0	220 V	3 Ø	35	1050,00	0,45	1,01	8	8	10	83,33	3 X (80-100) A
T. Medidores 220V	Policia	8,0	220 V	3 Ø	40	320,00	0,12	0,68	8	8	10	22,22	3 X 40 A
T. Medidores 220V	Cajeros	10,0	220 V	3 Ø	38	380,00	0,13	0,69	8	8	10	27,78	3 X 40 A
T. Medidores 220V	Recaudo	10,0	220 V	3 Ø	30	300,00	0,09	0,65	8	8	10	27,78	3 X 40 A

CALCULO REGULACION ACOMETIDAS BAJA TENSIÓN TRANSFORMADOR 630kVA 11400/440/254V													
ALIMENTADOR		CARGA	TENSION	DISTANCIA		MOMENTO	REGULACIÓN %		CABLE COBRE			CORRIENTE	PROTECCIÓN
Desde	Hasta	kVA	V	Tipo	Metros	kVA-M	PARCIAL	ACUMULADA	Fase	Neutro	Tierra	Amperios	Amperios
Transformador 630 kVA	Tablero general 440V 630kVA	630,0	220V	3 Ø	15	9450,00	0,34	0,34	ELECTRODUCTO 1000			826,77	3 X (800-1000) A
Tablero general 440V 630kVA	Control equipo electromecanico	60,0	220V	3 Ø	30	1800,00	2,35	2,69	2	2	6	78,74	3 X (80-100) A
Tablero general 440V 630kVA	Electromecanico	500,0	220V	3 Ø	30	15000,00	0,53	0,87	ELECTRODUCTO 1000			656,17	3 X (800-640) A
Tablero general 440V 630kVA	Tomas mantenimiento 440V	10,8	220V	3 Ø	30	324,00	2,51	2,85	10	10	10	14,17	3 X (40) A

CALCULO REGULACION ACOMETIDAS BAJA TENSIÓN TRANSFORMADOR 500kVA 11400/440/254V													
ALIMENTADOR		CARGA	TENSION	DISTANCIA		MOMENTO	REGULACIÓN %		CABLE COBRE			CORRIENTE	PROTECCIÓN
Desde	Hasta	kVA	V	Tipo	Metros	kVA-M	PARCIAL	ACUMULADA	Fase	Neutro	Tierra	Amperios	Amperios
Transformador 630 kVA	Tablero general 440V 500kVA	500,0	220V	3 Ø	15	7500,00	0,25	0,25	ELECTRODUCTO 800			656,17	3 X (800-640) A
Tablero general 440V 500kVA	Control equipo electromecanico	60,0	220V	3 Ø	30	1800,00	2,35	2,69	2	2	6	78,74	3 X (80-100) A
Tablero general 440V 500kVA	Electromecanico	400,0	220V	3 Ø	30	12000,00	0,40	0,74	ELECTRODUCTO 800			524,93	3 X (620-500) A

Figura - 42 – Cálculo de regulación

Fuente – Elaboración propia Consorcio CS

 <p>ALCALDÍA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto DESARROLLO URBANO</p>	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	 <p>CONSORCIO CS Caly Mayor Colombia S.A.S. Supering Superingeniería y Proyectos</p>
---	--	---

4.17 Clasificación de áreas

No aplica en este proyecto

4.18 Elaboración de diagramas unifilares.

Se adjunta planos con el diagrama unifilar en AutoCAD.

4.19 Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.

Se adjuntan planos en AutoCAD con los detalles de la subestación de la estación Victoria en cuanto a los sistemas asociados a redes secas como lo son: sistema de detección de humos, cableado estructurado, sistema de tomacorrientes generales y regulados, sistema de iluminación general y de emergencia se están trabajando en el software REVIT BIM y se pueden apreciar los detalles constructivos de cada sistema.

4.20 Especificaciones de construcción complementarias a los planos

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Medida Semidirecta – Medida Indirecta

Selección de transformadores de corriente

Para la selección de los transformadores de corriente se determinaron las corrientes primarias y secundarias necesarias para las cargas de diseño.

Los transformadores de corriente diseñados tienen una relación de transformación 600/5 Cl 0,5s interior.

 <p>ALCALDÍA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto DESARROLLO URBANO</p>	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	 <p>CONSORCIO CS Caly Mayor Colombia S.A.S. Supering Ingeniería y Operación de Proyectos</p>
--	--	--

Tabla 4. Relación de transformación de t.c. para mediciones semi-directas

Circuitos a 3 x 120/208 V		Circuitos a 3 x 127/220 V		Circuitos a 3 x 254/440 V		Circuitos a 120/240 V	
Capacidad instalada (kVA)	Relación de los t.c	Capacidad instalada (kVA)	Relación de los t.c	Capacidad instalada (kVA)	Relación de los t.c	Capacidad instalada (kVA)	Relación de los t.c
28 A 43	100/5	30 A 45	100/5	60 A 91	100/5	19 A 28	100/5
44 A 65	150/5	46 A 68	150/5	92 A 137	150/5	29 A 43	150/5
66 A 86	200/5	69 A 91	200/5	138 A 183	200/5	44 A 57	200/5
87 A 129	300/5	92 A 137	300/5	184 A 274	300/5	58 A 86	300/5
130 A 162	400/5	138 A 182	400/5	275 A 365	400/5	87 A 108	400/5
163 A 194	500/5	183 A 228	500/5	366 A 457	500/5	109 A 129	500/5
195 A 259	600/5	229 A 274	600/5	458 A 548	600/5	130 A 172	600/5
260 A 324	800/5	275 A 365	800/5	549 A 731	800/5	173 A 216	800/5
325 A 389	1 000/5	366 A 457	1 000/5	732 A 914	1000/5	217 A 259	1 000/5
390 A 467	1 200/5	458 A 548	1 200/5	915 A 1097	1200/5	260 A 311	1 200/5
468 A 648	1 600/5	549 A 731	1 600/5	1 098 A 1463	1600/5	312 A 438	1 600/5

Figura - 43 – Relación de transformación de TC para medida semi - indirecta

Fuente – NTC 5019

Medida indirecta en tres elementos

Selección de transformadores de corriente

Para la selección de los transformadores de corriente se determinaron las corrientes primarias y secundarias necesarias para las cargas de diseño.

Los transformadores de corriente diseñados tienen una relación de transformación 15/5 11.4 kV CI 0,5s interior.

Tabla 5. Relación de transformación de t.c. para mediciones indirectas

Circuitos a 11,4 kV		Circuitos a 13,2 kV		Circuitos a 34,5 kV	
Capacidad instalada (kVA)	Relación de los t.c	Capacidad instalada (kVA)	Relación de los t.c	Capacidad instalada (kVA)	Relación de los t.c
79 a 118	5/5	91 a 137	5/5	239 a 358	5/5
158 a 237	10/5	183 a 274	10/5	478 a 717	10/5
238 a 355	15/5	275 a 411	15/5	718 a 1 075	15/5
356 a 473	20/5	412 a 503	20/5	1 076 a 1 314	20/5
474 a 592	25/5	504 a 617	25/5	1 315 a 1 613	25/5
593 a 710	30/5	618 a 823	30/5	1 614 a 2 151	30/5
711 a 947	40/5	824 a 1 029	40/5	2 152 a 2 689	40/5
948 a 1 184	50/5	1 030 a 1 234	50/5	2 690 a 3 226	50/5
1 185 a 1 421	60/5	1 235 a 1 554	60/5	3 227 a 4 063	60/5
1 422 a 1 829	75/5	1 555 a 1 829	75/5	4 064 a 4 780	75/5
1 830 a 2 369	100/5	1 830 a 2 743	100/5	4 781 a 7 170	100/5
2 370 a 3 554	150/5	2 744 a 4 115	150/5	7 171 a 10 756	150/5
3 555 a 4 739	200/5	4 116 a 5 144	200/5	10 757 a 13 445	200/5

NOTA Para las Tablas 4 y Tabla 5, los rangos de capacidad instalada han sido definidos considerando un Factor de Cargabilidad del t.c. del 120 %. Para el caso de rangos de carga no contemplados en la Tabla 4 (por ejemplo 119 kVA a 157 kVA para circuitos a 11,4 kV puede especificarse un t.c. con Factor de cargabilidad del 150 % o del 200 % según sea el valor de la carga, o utilizarse un t.c. de relación 7,5/5 A.

Figura - 44 – Relación de transformación de TC para medida indirecta

Fuente – NTC 5019

Tipos de puntos de medición

De acuerdo a la Resolución CREG 038 de 2014, Artículo 6, los puntos de medición se clasifican acorde con el consumo o transferencia de energía por la frontera, o, por la capacidad instalada en el punto de conexión, según la siguiente tabla:

Tabla 1. Clasificación de puntos de medición

Tipo de puntos de medición	Consumo o transferencia de energía, C, [MWh-mes]	Capacidad Instalada, CI, [MVA]
1	$C \geq 15.000$	$CI \geq 30$
2	$15.000 > C \geq 500$	$30 > CI \geq 1$
3	$500 > C \geq 50$	$1 > CI \geq 0,1$
4	$50 > C \geq 5$	$0,1 > CI \geq 0,01$
5	$C < 5$	$CI < 0,01$

Figura - 45 – Clasificación de puntos de medición

Fuente – CREG 038

Exactitud de los elementos del sistema de medición

De acuerdo a la Resolución CREG 038 de 2014, Artículo 9, los medidores, transformadores de medida y cables de conexión, deben cumplir con los índices de clase, clase de exactitud y error porcentual total máximo que se establece en este artículo.

Tipo de puntos medición	Índice de clase para medidores de energía activa	Índice de clase para medidores de energía reactiva	Clase de exactitud para transformadores de corriente	Clase de exactitud para transformadores de tensión
1	0.2 S	2	0.2 S	0.2
2 y 3	0.5 S	2	0.5 S	0.5
4	1	2	0.5	0.5
5	1 ó 2	2 ó 3	--	--

Figura - 46 – Tipo y clase de exactitud transformadores de corriente

Fuente – CREG 038

 <p>ALCALDÍA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto DESARROLLO URBANO</p>	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	 <p>CONSORCIO CS Caly Mayor Colombia S.A.S. Supering Superingeniería y Proyectos</p>
--	--	--

Selección de transformadores de potencial

Los transformadores de potencial diseñados son 11.400 V / 120 V cl 0,5s tipo interior.

Medidores de energía

Se instalará un medidor electrónico de 3 elementos s/modem c/tarjeta cl 0,5s (principal), para las mediciones de energía activa y reactiva dado que cuenta con las fronteras de los puntos de medición tipo 2.

Selección de DPS

La presente especificación tiene por objeto establecer las condiciones que deben satisfacer los descargadores de sobretensión de óxido metálico (DPS) para redes de 11,4, 13,2 y 34,5 kV.

Se seleccionó DPS 15 kV a 10kA.

De acuerdo al material del cuerpo o envoltura, los descargadores deben ser del siguiente tipo:

Descargadores de Oxido de Zn. con envoltura polimérica de $I_n = 10$ kA. Temperatura máxima: 45 °C

Temperatura mínima: - 5 °C

Humedad relativa ambiente: hasta 100 %.

Parámetros de Entrada		RESULTADOS			
Numero de elementos del sistema de medida.	3	Descripción	Modulo	Angulo	Comentario
Factor de potencia del calculo.	0,9	Resistencia Equivalente @25°C (Ohm)	4363,655982	25,84	
Cantidad cargas conectadas (Sin Compensación)	1	Corriente de carga (mA)	15,88	(25,84)	
Material de los conductores.	Cobre Semiduro	Potencia de la Carga (VA)	1,10	(25,84)	
Temperatura de operación °C.	25	Resistencia a Compensar máx (Ohm)	-		
Burden de PTs [VA]	25	Resistencia a Compensar min (Ohm)	-		
Tension secundaria nominal linea linea del transformador de potencial.	120	Burden para compensar al 0% - 0 VA			Cumple
Clase de exactitud del transformador.	0,5	Burden para compensar al 100% - 25 VA			
Burden mínimo al cual fue calibrado	0%	REGULACIÓN DE LOS ELEMENTOS			
Nodo A (Carga de compensacion)		Tensión_elemento_1	69,28	0,00012	
Tiene carga compensacion	NO	%REG_elemento_1	0,00045%		
Valor de Carga Compensación (Ohmios)		Tensión elemento 2	69,28	0,00012	
Longitud cable de A a carga de compensacion (m)		%REG elemento 2			
Calibre cable (AWG)		Tensión elemento 3			
Nodo B (Carga uno)		%REG elemento 3			
Longitud del cable de A a B (m)	3	Tensión elemento 4			
Calibre cable (AWG)	12	%REG elemento 4			
Longitud del cable de B a carga uno (m)	1	Tensión elemento 5			
Calibre cable (AWG)	12	%REG elemento 5			
Carga en el nodo B (uno)	ELSTER A 1800	%REG elemento 6			
Nodo C (Carga uno)		OBSERVACIONES			
Longitud del cable de A a C (m)	1	* No se requiere realizar compensación de Burden			
Calibre cable (AWG)	12	* No se presentan problemas por regulación			
Longitud del cable de C a carga uno (m)	1	* Se encuentra calibrado como Rango I			
Calibre cable (AWG)	12				
Carga en el nodo C (uno)	ELSTER A 1800				
Nodo D (Carga uno)					
Longitud del cable de A a D (m)	1				
Calibre cable (AWG)	12				
Longitud del cable de D a carga uno (m)	1				
Calibre cable (AWG)	12				
Carga en el nodo D (uno)	ELSTER A 1800				
Nodo E (Carga uno)					
Longitud del cable de A a E (m)	1				
Calibre cable (AWG)	12				
Longitud del cable de E a carga uno (m)	1				
Calibre cable (AWG)	12				
Carga en el nodo E (uno)	ELSTER A 1800				

Figura - 47 – Calculo del burden transformadores de potencial

Fuente – ENEL-CODENSA

Parámetros de Entrada		Resultados		
Descripción	Valor	Descripción	Módulo	Comentario
Número de TCs	3	Resistencia Equivalente (Ohm)	0,017	
Temperatura de Operación (°C)	25	Potencia total consumida por los equipos - [VA]	0,010	
Cantidad de cargas conectadas (sin compensación)	1	Potencia total consumida por los cables - [VA]	0,409	
Material de los conductores	Cobre Semiduro	Potencia en Bornes al 100% de Corriente Nominal (5 A) - [VA]	0,419	
Burden de TC s (VA)	2,5	Potencia en Bornes al 20% de Corriente Nominal (1 A) - [VA]	0,026	
Clase de exactitud del TC	0.5S	Resistencia a Compensar máx (Ohm)	-	
Corriente secundaria nominal del TC	5	Resistencia a Compensar min (Ohm)	-	
Burden mínimo al cual fue calibrado	0%	Burden a compensar al 25% - 0,625 VA		Cumple
Carga de compensación (CC)		Burden a compensar al 100% - 2,5 VA		
Tiene Carga de Compensación	NO	OBSERVACIONES		
Valor Carga de Compensación (Ohmios)		* Los cálculos de resistencia a compensar se toman con corrientes al 100 % de la corriente nominal		
Longitud del cable de Bornes a Carga de compensación (m)				
Calibre Cable (AWG)		0,00 y 0,00 Ohmios		
Equipo 1				
Longitud del cable de CC a carga equipo 1 - (m)	3			
Calibre Cable (AWG)	12			
Número de hilos en el tramo	1			
Carga equipo 1 - (VA)	ELSTER A 1800			
Longitud del cable de CC a carga equipo 2 - (m)	0,8			
Calibre Cable (AWG)	12			
Número de hilos en el tramo	1			
Carga equipo 2 - (VA)	ELSTER A 1800			
Longitud del cable de CC a carga equipo 3 - (m)	1,2			
Calibre Cable (AWG)	12			
Número de hilos en el tramo	1			
Carga equipo 3 - (VA)	ELSTER A 1800			
Longitud del cable de CC a carga equipo 4 - (m)	1,2			
Calibre Cable (AWG)	12			
Número de hilos en el tramo	1			
Carga equipo 4 - (VA)	ELSTER A 1800			
Longitud del cable de CC a carga equipo 5 - (m)	1,2			
Calibre Cable (AWG)	12			
Número de hilos en el tramo	1			
Carga equipo 5 - (VA)	ELSTER A 1800			
Longitud del cable de CC a carga equipo 6 - (m)	1,2			
Calibre Cable (AWG)	12			
Número de hilos en el tramo	1			
Carga equipo 6 - (VA)	ELSTER A 1800			
Longitud del cable de CC a carga equipo 7 - (m)	1,2			
Calibre Cable (AWG)	12			
Número de hilos en el tramo	1			
Carga equipo 7 - (VA)	ELSTER A 1800			
Longitud del cable de CC a carga equipo 8 - (m)	1,2			
Calibre Cable (AWG)	12			
Número de hilos en el tramo	1			
Carga equipo 8 - (VA)	ELSTER A 1800			

Figura - 48 – Calculo del burden transformadores de corriente

Fuente – ENEL-CODENSA

Marcación, señalización y disposiciones sobre seguridad

Para evitar cualquier accidente de origen eléctrico, se instalará en la entrada al local de la subestación un aviso con la siguiente leyenda: “Prohibido el acceso de Personal NO calificado, ni autorizado”.

Además, tendrá una placa de advertencia sobre peligro por riesgo eléctrico.

	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	
---	--	---

La subestación en el lado de baja tensión estará equipada junto la puerta de acceso con un extintor de Dióxido de carbono (CO₂) o de polvo químico seco, y tendrá como mínimo una capacidad de 15 lb.

La subestación tipo interior garantizara la ventilación, preferiblemente con aire del exterior. En caso de no ser posible se utilizarán ductos adecuados para soportar las condiciones exigidas.

4.21 Establecer las distancias de seguridad requeridas.

Se verifican y se enuncias las distancias de seguridad requeridas para el proyecto el cual tiene niveles de tensión en media tensión de 11.400V subterráneo y niveles de tensión en baja tensión de 440/254/208/120V.

Distancias mínimas para prevención de riesgos por arco eléctrico

Dado que el arco eléctrico es un hecho frecuente en trabajos eléctricos, que genera radiación térmica hasta de 20000 °C, que presenta un aumento súbito de presión hasta de 30 t/m², con niveles de ruido por encima de 120 dB y que expide vapores metálicos tóxicos por desintegración de productos, se establecen los siguientes requisitos frente a este riesgo:

Cumplir las distancias mínimas de aproximación a equipos de la Tabla 20 y la Figura 9, las cuales son adaptadas de la NFPA 70 E. Estas distancias son barreras que buscan prevenir lesiones al trabajador y en general a todo el personal y son básicos para la seguridad eléctrica.

Para personas no calificadas, el límite de aproximación seguro. Para trabajos en tensión, cumplir el límite de aproximación técnica.

Instalar etiquetas donde se indique el nivel de riesgo que presenta un determinado equipo.

Utilizar los elementos de protección personal acordes con el nivel de riesgo y el nivel de entrenamiento para realizar un trabajo que implique contacto directo.

Tensión nominal del sistema (fase – fase)	Límite de aproximación seguro [m]		Límite de aproximación restringida (m) Incluye movimientos involuntarios.	Límite de aproximación técnica (m)
	Parte móvil expuesta	Parte fija expuesta		
51 V – 300 V	3,00	1,10	Evitar contacto	Evitar contacto
301 V – 750 V	3,00	1,10	0,30	0,025
751 V – 15 kV	3,00	1,50	0,66	0,18
15,1 kV – 36 kV	3,00	1,80	0,78	0,25
36,1 kV – 46 kV	3,00	2,44	0,84	0,43
46,1 kV - 72,5 kV	3,00	2,44	0,96	0,63
72,6 kV – 121 kV	3,25	2,44	1,00	0,81
138 kV - 145 kV	3,35	3,00	1,09	0,94
161 kV - 169 kV	3,56	3,56	1,22	1,07
230 kV - 242 kV	3,96	3,96	1,60	1,45
345 kV - 362 kV	4,70	4,70	2,60	2,44
500 kV – 550 kV	5,80	5,80	3,43	3,28

Instituto de Desarrollo Urbano

Figura - 49 – Límites de aproximación a partes energizadas de equipos

Fuente – Tabla 20 RETIE

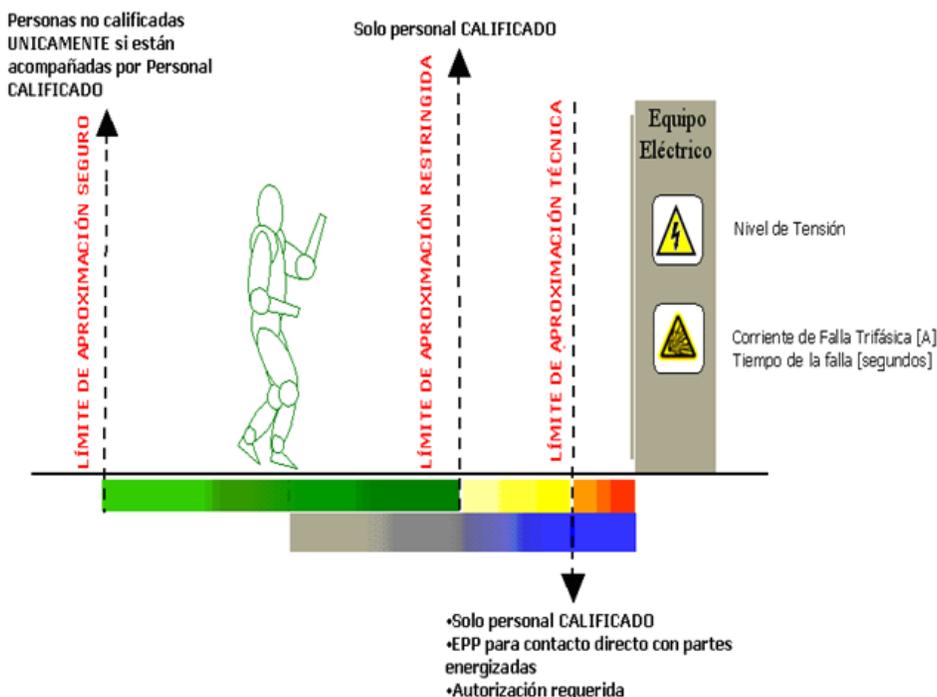


Figura - 50 – Límites de aproximación

Fuente – RETIE

Instituto de Desarrollo Urbano

Para trabajar en zonas con riesgo de arco eléctrico, es decir, en actividades tales como cambio de interruptores o partes de él, intervenciones sobre transformadores de corriente, mediciones de tensión y corriente, mantenimiento de barrajes, instalación y retiro de medidores, apertura de condensadores y macromediciones; deben cumplirse los siguientes requisitos adaptados de la norma NFPA 70E, previo análisis del riesgo para cada situación particular:

- Realizar un análisis de riesgos donde se tenga en cuenta la tensión, la potencia de cortocircuito y el tiempo de despeje de la falla.
- Realizar una correcta señalización del área de trabajo y de las zonas aledañas a ésta.
- Tener un entrenamiento apropiado para trabajar en tensión.
- Tener un plano actualizado y aprobado por un profesional competente.

	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	
---	--	---

- e) Tener una orden de trabajo firmada por la persona que lo autoriza.
- f) Usar el equipo de protección personal certificado contra el riesgo por arco eléctrico para trabajar en tensión. Este equipo debe estar certificado para los niveles de tensión y energía incidente involucrados. Para prendas en algodón, este debe ser tratado y tener mínimo 300 g/m²

El límite de aproximación restringida debe ser señalado 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.

4.22 Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido

No hubo desviaciones de la norma técnica NTC 2050.

4.23 Los demás estudios que el tipo de instalación requiera

No requieren estudios adicionales para las instalaciones de la estación Victoria.

ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se realizó el diseño eléctrico de la estación Victoria siguiendo el artículo 10.1 diseño detallado del reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE en su última versión.
- Se realizaron los cálculos de regulación y pérdidas de energía asociados a cada uno de los transformadores de la subestación interior Victoria siguiendo los lineamientos del RETIE, NTC 2050 y norma ENEL-CODENSA.
- En la estación Victoria se diseñaron instalaciones que cumplen con el objetivo de protección de la vida y salud humana, protección de la vida animal y vegetal y preservación del medio ambiente.

 <p>ALCALDIA MAYOR BOGOTA D.C. Instituto DESARROLLO URBANO</p>	<p>ACTUALIZACIÓN, AJUSTES Y COMPLEMENTACIÓN DE LA FACTIBILIDAD Y LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL CABLE AÉREO EN SAN CRISTÓBAL, EN BOGOTÁ D.C.</p>	 <p>CONSORCIO CS Caly Mayor Colombia S.A.S. Supering Ingeniería y Gestión de Proyectos</p>
--	--	--

- Se deben seguir todos los lineamientos y especificaciones contempladas en la presente memoria de cálculo y en la normatividad vigente RETIE, NTC 2050 y norma específica ENEL -CODENSA con el fin de realizar buenas prácticas en el proceso constructivo garantizando la prevención de prácticas que puedan inducir a error al usuario.

