PROYECTO ELÉCTRICO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN DEL CENTRO CRECER CAMPO ALEGRE, BOGOTÁ

REALIZADO POR:
ING. AGUSTÍN ENRIQUE PIEDRA SUÁREZ
MAT. PROF. No. CN205-69001
No. Celular: 3168773004

Factibilidad Número: 45055993
Fecha: 15/03/2018

Bogotá, Octubre de 2018

CONTENIDO

1.0. RESUMEN E INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO 5

1.1. Resumen del Proyecto 5

1.2. Información General del Proyecto 5

2.0. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 7

2.1. Objetivo 7

2.2. Características Generales 7

2.3. Criterios generales y normatividad aplicable 8

2.5. Capacidad a Instalar 9

2.6. Nivel de Tensión del Proyecto. 9

3.0. DISEÑO DETALLADO (SEGÚN ARTÍCULO 10.1.1 DEL RETIE). 9

3.1. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos. 9

3.2. Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico. 13

3.3. Análisis de cortocircuito y falla a tierra. 15

3.4. Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos. 16

3.5. ANÁLISIS DE RIESGOS ELÉCTRICOS Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS - ARTÍCULO 9. RETIE. ANÁLISIS DE RIESGOS DE ORIGEN ELÉCTRICO 20

3.6. Análisis del nivel de tensión requerido. 33

3.7. Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la Tabla 14.1 Resol. 90708 RETIE 33

3.8. Cálculo de transformador incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga. 34

3.9. Cálculo del sistema de puesta a tierra. 37

3.9.1. Calculo de puesta a tierra 42

3.10. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía. 48

3.11. Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la norma IEC 60909, IEEEE 242, capitulo 9 o equivalente. 48

3.12. Cálculo mecánico de estructuras y elementos de sujeción de equipos. 49

3.13. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. En baja tensión se permite la coordinación contra las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947- 2 Anexo A. 49

3.14. Cálculo de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos). 52

3.15. Cálculos de pérdidas de energía. 53

3.16. Cálculo de regulación, pérdidas, (redes en MT) 54

3.17. Cálculo De Ductos y Equivalencia De Conductores en M.T 54

3.18. Cálculos de regulación. 54

3.19. Clasificación de áreas. 55

3.20. Establecer las distancias de seguridad requeridas. 55

3.21. Características el equipo de medida CTs – modo de conexión –clase de acuerdo al código de medida vigente previsto por la CREG. 57

3.22. Cálculos de Barrajes de Tableros. 58

1.0. ANEXOS 60

1.1. CURVA HH 60

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resumen del proyecto 5
Tabla 2: Datos del Predio 6
Tabla 3: Niveles Básicos de Aislamiento al Impulso (BIL), Estandar IEC 60071-1 14
Tabla 4: Cálculo de Transformador 36
Tabla 5: Cálculo de Planta Eléctrica de Emergencia 37
Tabla 6: Resultados de la medición de resistividad 40
Tabla 7: Comparación económica de conductores AL vs CU 48
Tabla 8: Verificación de conductores por Icc 49
Tabla 9: Cálculo de canalizaciones en BT 53
Tabla 10: Cálculo de Pérdidas de energía en BT 53
Tabla 11: Cálculo de Regulación y Pérdidas en MT 54

Tabla 12: Cálculo de ductos en MT 54
Tabla 13: Cálculos de regulación en BT 54
Tabla 14: Distancias mínimas para trabajos en o cerca de partes energizadas 55

INDICE DE CUADROS DE CARGAS

Cuadro de Carga 1: TGD, Tablero General de Distribución 10
Cuadro de Carga 2: TC, Tablero Comedor 10
Cuadro de Carga 3: TA, Tablero Aulas 11
Cuadro de Carga 4: TP, Tablero Administrativo 11
Cuadro de Carga 5: TADM, Tablero Regulado Administrativo 12
Cuadro de Carga 6: TR, Tablero Regulado 12
Cuadro de Carga 7: TRAD, Tablero Bombas 13

INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Localización del proyecto 6
Imagen 2: Diagrama de montaje utilizado para medición de resistividad del terreno 39
Imagen 3: Instalación de elementos de medición 40
Imagen 4: Medición de resistividad del terreno 41
Imagen 5: Detalle de Instalación de barra de conexión a tierra 47

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Resistividad vs separación entre electrodos 41
Gráfico 2: Esquema de conexión de elementos para la coordinación de protecciones. 50
Gráfico 3: Curvas de protecciones considerando los datos remitidos por la empresa CODENSA 51

1.0. RESUMEN E INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1. Resumen del Proyecto

FACTIBILIDAD	45055993
PROYECTO	SUBESTACION ELECTRICA
UBICACIÓN	BOGOTÁ
PROPIETARIO	ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
DIRECCIÓN	CARRERA 88 # 6A – 36, LOCALIDAD DE KENNEDY, BARRIO EL TINTAL
NUMERO DE USUARIOS	1
NUMERO DE TRANSFORMADORES	1
TIPO DE MEDIDA	COMERCIAL
ESTRATO	3
SERVICIO CON GAS	SI
PUNTO DE REFERENCIA PARA CONEXIÓN	PF11619290
CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR	75 kVA TIPO SECO CLASE H

Tabla 1: Resumen del proyecto

El servicio de energía en el municipio es prestado por la electrificadora CODENSA, para el proyecto se dispone instalar un transformador de 75 kVA en subestación capsulada, para alimentar toda la carga eléctrica asociada a la edificación. Actualmente no se cuenta con servicio de energía eléctrica en el predio.

1.2. Información General del Proyecto

El predio en el cual se desarrollará el proyecto del Centro Crecer en Bogotá, se encuentra ubicado en la Carrera 88, calle 6A número 36 BOGOTÁ D.C., en la siguiente imagen se muestra la localización mencionada:

Imagen 1: Localización del proyecto

Área aproximada a construir:	**1292 m²**
Proyecto:	**Centro Crecer**
Altitud (metros sobre el nivel del mar):	**2640 m.s.n.m.**
Ubicación:	**Bogotá, D.C.**
Temperatura media	**14° C**

Tabla 2: Datos del Predio

2.0. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1. Objetivo

El presente documento corresponde al proyecto de alimentación eléctrica para el Centro Crecer Campo Alegre ubicado en la ciudad de Bogotá, en donde se construirá una subestación capsulada de 75 kVA, contiene las memorias técnicas eléctricas de diseño, las cuales, junto con los planos del proyecto contemplan las características técnicas y Normas eléctricas que deben cumplir las instalaciones eléctricas del proyecto anteriormente mencionado.

2.2. Características Generales

Las características del proyecto se resumen a continuación:

El diseño del proyecto del edificio se encuentra en desarrollo con un avance aproximado del 90%, el espacio de la subestación ya está definido, así como las obras civiles asociadas, según condiciones de servicio la alimentación eléctrica del proyecto se realizará desde la red aérea de MT existente cerca del predio.

El edificio del Centro Crecer tendrá un uso compartido entre áreas de oficinas institucionales y áreas de formación, tendrá una bomba para el sistema de extinción de incendios (BCI), tendrá un grupo electrógeno para suplencia total y tendrá una UPS para la red regulada.

El grupo electrógeno de suplencia funcionará de la siguiente manera:

- En caso de ausencia de energía por parte de la empresa electrificadora, el grupo electrógeno suplirá la totalidad de la carga existente.
- En caso de incendio en ausencia de energía por parte de la empresa electrificadora, los tableros de Bypass del tablero general de distribución (TGD) y el de la BCI estarán sincronizados a través de retardos programados de forma tal que en primera instancia se energice la BCI y posteriormente luego del régimen transitorio de arranque de esta (10 segundos aproximadamente) sea energizado el TGD.

Para el edificio se proyecta construir una subestación capsulada con un trasformador seco de 75 kVA clase H. Es importante aclarar que en caso de incendio en condiciones normales de suministro de energía eléctrica por parte de la empresa electrificadora, el tablero de la bomba del sistema de extinción de incendios enviará una señal al TGD con el fin de deslastrar la carga total, es decir, el transformador será exclusivo para la bomba del sistema de extinción de incendios.

En relación a aspectos de seguridad en las instalaciones internas de la edificación se describen las siguientes consideraciones de diseño tomadas en cuenta en las instalaciones eléctricas de la edificación:

- Los tomacorrientes en las áreas de aulas, áreas de estimulación física y sensorial, gimnasio y comedor serán de tipo tamper resistant, esto por solicitud de la entidad para protección de los niños y jóvenes que harán uso de las instalaciones.

2.3. Criterios generales y normatividad aplicable

- Se consideran las normas existentes de CODENSA
- Para las distancias eléctricas mínimas de terminales y cables, se debe consultar el artículo 373-11 de la Norma NTC 2050 y los requerimientos del RETIE.
- Norma Técnica Colombiana NTC 2050 (Capítulos 2 y 3).
- Criterios de diseño del Ingeniero a cargo del proyecto eléctrico.
- Para la selección del transformador se considera la demanda actual necesaria y según las Normas NTC 3654 "Transformadores de Potencia Tipo Seco" y NTC 3445 “Electrotécnia Transformadores Autorefrigerados Tipo Seco Abierto y encapsulados en Resina” basadas a su vez en las Normas ANSI/IEEE C 57.12.01 y C57.96.
- La regulación de tensión en BT hasta el medidor debe ser inferior del 3% para el área urbana.
- Resolución CREG 070 y demás que apliquen.
- Resolución No. 90708 de agosto 30 de 2013. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE.
- Resolución 180540 de 10 Marzo de 2010. Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP.

- Norma Técnica Colombiana NTC 4552. Protección contra Descargas Eléctricas Atmosféricas (Rayos).
- Ley 142 de servicios públicos domiciliarios.

2.4. Uso del Predio

El edificio del Centro Crecer tendrá un uso compartido entre áreas de oficinas institucionales y áreas de formación.

2.5. Capacidad a Instalar

Para el Centro Crecer de Bogotá se proyecta el montaje de una subestación capsulada de 75 kVA según la norma de CTS519-2 de Codensa.

2.6. Nivel de Tensión del Proyecto.

- El nivel de tensión del proyecto en media tensión es 11400 Voltios.
- El nivel de tensión del proyecto en baja tensión es 208 Voltios y 120 Voltios.

3.0. DISEÑO DETALLADO (SEGÚN ARTÍCULO 10.1.1 DEL RETIE).

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

A continuación se muestran los cuadros de carga de los tableros, exceptuando los tableros con cargas exclusivamente trifásicas para los cuales no es necesario el balanceo del tablero, a saber:

CUADRO DE CARGAS TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN

Tablero 3F, 120/208V

Circuito	Número de Circuito	T COMEDOR	T AULAS	T ADMINISTRATIVO	T REGULADO	T ASCENSOR	T BOMBAS	CARGA (W)	FP	Carga Fases (VA) R	S	T	Icond AMP.	Breakers Polo	AMP.	Alambrado Diametro Ducto	Calibre F	N	T	% REG. ACUMULADA 0,79 REGULACIÓN DISTANCIA (m)	K CONDUCTOR	% REGULACIÓN PARCIAL	% REGULACIÓN TOTAL
T COMEDOR	1									7.260													
	3	1						20163	0,93		7.260		86,7	3	60	1-1/4"	4	4	8	16	0,984	0,79	1,58
	5											7.260											
T AULAS	7									4.018													
	9		1					11254	0,93		4.018		48,5	3	50	1-1/4"	4	4	8	42	0,984	1,15	1,94
	11											4.018											
T ADMINISTRATIVO	13									5.768													
	15			1				16.575	0,96		5.768		69,6	3	50	1-1/2"	1/0	1/0	6	58	0,417	0,97	1,75
	17											5.768											
T REGULADO	19				1			6000	1	3.000			41,7	2	30	CARCAMO	8	6	10	6	2,4	0,4	2,16
	21										3.000												
	23											0											
T ASCENSOR	2									1.667													
	4					1		4250	0,85		1.667		17,4	3	20	1-1/4"	8		10	60	2,27	1,58	2,36
	6											1.667											
T BOMBAS	8									5.933													
	10						1	13.428	0,75		5.933		63,5	3	60	1-1/4"	4	4	8	18	0,947	0,62	1,41
	12											5.933											
RESERVA	14																						
	16																						
	18																						
RESERVA	20																						
	22																						
	24																						
		1	1	1	1	1	1	71.670		27.646	27.646	24.646	241,2	3	200	CÁRCAMO	250	250	2	21	0,216	0,79	0,79
					TOTAL	INSTALADO (VA)		79.937	%Desbalance			7,5								FACTORES DE CORRECCIÓN:		FP	0,90
						DIVERSIFICADO (VA)		73.000												TEMPERATURA	1,08		
																				OCUPACIÓN	1,0		
																				I NOMINAL (A)	208,4		
																				I CORREGIDA (A)	241,2		

Cuadro de Carga 1: TGD, Tablero General de Distribución

CUADRO DE CARGAS TABLERO COMEDOR

Tablero 3F, 120/208V

Circuito	Número de Circuito	LUMINARIA EMERGENCIA LED (W)	LUMINARIA LED TIPO TORTUGA (W)	LUMINARIA ALUMBRADO PÚBLICO (W)	APLIQUE LED (W)	PANEL LED REDONDO (W)	PANEL LED REDONDO (W)	PANEL LED REDONDO (W)	LUMINARIA LED LINEAL(W)	PANEL LED 1200x60cm (W)	LUMINARIA LED HERMÉTICA (W)	REFRIGERADOR (W)	CONGELADOR (W)	SECADORA (Kw/h) (W)	LAVADORA (W)	TOMAS EQUIPOS COCINA (W)	LICUADORA (W)	TOMAS (W)	TT1	CARGA (W)	FP	Carga Fases (VA) R	S	T	Icond AMP.	Breakers Polo	AMP.	Alambrado Diametro Ducto	Calibre F	N	T	% REG. ACUMULADA 2,07 REGULACIÓN DISTANCIA (m)	K CONDUCTOR	% REGULACIÓN PARCIAL	% REGULACIÓN TOTAL
		3,5	15	20	12	9	18	24	20	40	40	720	1000	700	700	800	1500																		
TOMAS RECIBO, LAVADERIA, BAÑOS	1																	7	1.197	0,90	1.200			13,1	1	20	3/4"	12	12	12	15	0,98	1,57	3,64
TOMAS VESTIER Y PORTERIA	3																	9	1.539	0,90		1.600		16,9	1	20	3/4"	12	12	12	16	0,98	2,15	4,22
TOMAS PRAVER, SECOS Y BENAUE	5																	6	1.026	0,90			1.000	11,3	1	20	3/4"	12	12	12	14	0,98	1,36	3,32
TOMA LICUADORA	7																1		1.500	0,85	1.700			16,4	1	20	3/4"	12	12	12	11	0,98	1,01	3,08
TOMAS COCINA FRIA	9															2			1.000	0,90		1.000		11,0	1	20	3/4"	12	12	12	11	0,98	0,98	3,03
TOMAS COCINA CALIENTE	11																	4	684	0,90			720	7,5	1	20	3/4"	12	12	12	13	0,98	0,78	2,84
RESERVA	13																																		
TOMAS COCINA FRIA	15															2			1.000	0,90		1.000		11,0	1	20	3/4"	12	12	12	16	0,98	1,40	3,46
TOMAS COCINA CALIENTE	17															2			1.000	0,90			1.000	11,0	1	20	3/4"	12	12	12	17	0,98	1,49	3,55
TOMAS COCINA CALIENTE	19															3			1.500	0,90	1.070			16,4	1	20	3/4"	12	12	12	18	0,98	2,36	4,43
RESERVA	21																																		
TOMAS COMEDOR	23																	4	684	0,90			720	7,5	1	20	3/4"	12	12	12	22	0,98	1,32	3,38
TOMAS LAVADO Y CASA DE VIDA INDEPENDIENTE	25																	6	1.026	0,90	1.400			11,3	1	20	3/4"	12	12	12	25	0,98	2,24	4,31
TOMAS GIMNASIO	27																	7	1.197	0,90		1.200		13,1	1	20	3/4"	12	12	12	27	0,98	2,93	4,89
RESERVA	29																																		
TOMAS CUARTO TABLEROS, VESTIER EMPLEADOS, PRIMEROS AUXILIOS	3																	8	1.368	0,90	1.440			15,0	1	20	3/4"	12	12	12	17	0,98	2,03	4,10
TOMAS SUBESTACIÓN, PLANTA ELÉCTRICA, CUARTO BOMBAS	4																	5	855	0,90		900		9,4	1	20	3/4"	12	12	12	22	0,98	1,64	3,71
TOMA SECADORA	6													1					750	0,90			833	8,7	1	20	3/4"	12	12	12	9	0,98	0,62	2,69
TOMA LAVADORA	8														1				750	0,90	833			8,7	1	20	3/4"	12	12	12	9	0,98	0,62	2,69
RESERVA	10																																		
TOMA REFRIGERADOR	12											1							750	0,90			833	8,7	1	20	3/4"	12	12	12	6	0,98	0,42	2,48
RESERVA	14																		0																
ILUMINACIÓN COMEDOR, GIMNASIO	16				3		2	4	22		3								1.388	0,90		1.607		16,0	1	20	3/4"	10	10	10	35	3,61	2,70	4,78
ILUMINACIÓN COCINA, PORTERIAS	18		9	3		18	6	11		4	16								1.488	0,90			1.653	16,9	1	20	3/4"	10	10	10	38	3,61	2,99	5,00
RESERVA	20																																		
ILUMINACIÓN EMERGENCIA	22	32																	112	0,90		124		1,3	1	20	3/4"	12	12	12	49	0,98	0,50	2,57
TOMA CONGELADOR	24												1						1.000	0,90			1.111	11,6	1	20	3/4"	12	12	12	6	0,98	0,35	2,62
RESERVA	26																																		
RESERVA	28																																		
ILUMINACIÓN CUARTOS TÉCNICOS, PRIMEROS AUXILIOS	30						6				10								540	0,90			600	6,3	1	20	3/4"	12	12	12	25	0,98	1,05	3,12
		32	9	3	3	18	10	15	22	4	30	1	1	1	1	8	1	66	21.206		7.646	7.646	6.914	88,3	3	60	3/4"	4	4	8	18	0,494	0,76	2,07
DIVERSIFICACIÓN:																TOTAL	INSTALADO (VA)		24.870	%Desbalance			0,5								FACTORES DE CORRECCIÓN:		FP	0,90
ILUMINACIÓN AL 100%	3.886																DIVERSIFICADO (VA)		21.670												TEMPERATURA	1,08		
TOMAS PRIMEROS 10000 VA AL 100% EL RESTO AL 50%	12.408																														OCUPACIÓN	0,8		
CARGAS ESPECIALES AL 100% (LICUADORA, SECADORA, LAVADORA, REFRIGERADOR Y CONGELADOR)	5.376																														I NOMINAL (A)	59,6		
TOTAL	21.670																														I CORREGIDA (A)	85,1		

Cuadro de Carga 2: TC, Tablero Comedor

CUADRO DE CARGAS TABLERO AULAS

Tablero 3F, 120/208V

Circuito	Número de Circuito	PANEL LED REDONDO (W)	PANEL LED REDONDO (W)	LUMINARIA LED LINEAL(W)	LUMINARIA LED TIPO TORTUGA (W)	LUMINARIA EMERGENCIA LED (W)	TOMAS (W)	CARGA (W)	FP	Carga Fases (VA) R	S	T	Icond AMP.	Breakers Polo	AMP.	Alambrado Diametro Ducto	Calibre F	N	T	% REG. ACUMULADA 2,43 REGULACIÓN DISTANCIA (m)	K CONDUCTOR	% REGULACIÓN PARCIAL	% REGULACIÓN TOTAL
		18	24	50	10	3,5	171																
TOMAS AULA 1	1						7	1.197	0,95	1.260			13,1	1	20	3/4"	12	12	12	24	5,98	2,51	4,94
TOMAS AULA 2	3						5	855	0,95		900		9,4	1	20	3/4"	12	12	12	15	5,98	1,12	3,55
TOMAS AULA 3	5						5	855	0,95			900	9,4	1	20	3/4"	12	12	12	12	5,98	0,90	3,33
RESERVA	7																						
TOMAS AULA 5	9						5	855	0,95		900		9,4	1	20	3/4"	12	12	12	22	5,98	1,64	4,08
TOMAS EST. FIS. SENS.	11						3	513	0,95			540	5,6	1	20	3/4"	12	12	12	29	5,98	1,28	3,71
TOMAS LUDOTECA	13						5	855	0,95	900			9,4	1	20	3/4"	12	12	12	32	5,98	2,39	4,82
TOMAS BAÑOS LUDOTECA	15						3	513	0,95		540		5,6	1	20	3/4"	12	12	12	36	5,98	1,61	4,05
TOMAS AULA 4	17						5	855	0,95			900	9,4	1	20	3/4"	12	12	12	18	5,98	1,35	3,78
ILUMINACIÓN	2	4		16				872	0,90	969			10,1	1	20	3/4"	12	12	12	12	5,98	0,97	3,40
ILUMINACIÓN	4	4		16				872	0,90		969		10,1	1	20	3/4"	12	12	12	16	5,98	1,29	3,72
ILUMINACIÓN	6	5	5	17				1.060	0,90			1.176	12,3	1	20	3/4"	12	12	12	20	5,98	1,96	4,39
ILUMINACIÓN	8	16		8	1			698	0,90	776			8,1	1	20	3/4"	12	12	12	26	5,98	1,67	4,11
ILUMINACIÓN EMERGENCIA	10					42		147	0,90		163		1,7	1	20	3/4"	12	12	12	56	5,98	0,76	3,19
RESERVA	12																						
RESERVA	14																						
TOMAS LUDOTECA	16						3	513	1,00		513		5,3	1	20	3/4"	12	12	12	39	5,98	1,66	4,09
TOMAS EST. FIS. SENS.	18						4	684	1,00			684	7,1	1	20	3/4"	12	12	12	29	5,98	1,65	4,08
		29	5	57	1	42	45	11.344		3.904	3.985	4.202	48,6	3	50	1-1/4"	4	4	8	42	0,984	1,16	2,43
DIVERSIFICACIÓN:							TOTAL	12.091	%Desbalance			4,9								FACTORES DE CORRECCIÓN:		FP	0,94
ILUMINACIÓN AL 100%	4.054							12.091												TEMPERATURA	1,08		
TOMAS PRIMEROS 10000VA AL 100%	8.037																			OCUPACIÓN	0,8		
																				I NOMINAL (A)	33,6		
TOTAL	12.091																			I CORREGIDA (A)	48,6		

Cuadro de Carga 3: TA, Tablero Aulas

CUADRO DE CARGAS TABLERO ADMINISTRATIVO

Tablero 3F, 120/208V

Circuito	Número de Circuito	REFLECTOR LED (W)	TABLERO REGULADO ADMINISTRATIVO (W)	LUMINARIA LED WALLPACK (W)	LUMINARIA TIPO BALA DE PISO (W)	APLIQUE LED	PANEL LED 120X30cm (W)	PANEL LED REDONDO (W)	PANEL LED REDONDO (W)	LUMINARIA LED LINEAL(W)	LUMINARIA LED TIPO TORTUGA (W)	LUMINARIA EMERGENCIA LED (W)	PANEL LED REDONDO (W)	PANEL LED REDONDO	TOMAS (W)	CARGA (W)	FP	Carga Fases (VA) R	S	T	Icond AMP.	Breakers Polo	AMP.	Alambrado Diametro Ducto	Calibre F	N	T	% REG. ACUMULADA 2,90 REGULACIÓN DISTANCIA (m)	K CONDUCTOR	% REGULACIÓN PARCIAL	% REGULACIÓN TOTAL
		120	9600	72	9	12	40	9	24	50	10	3,5	6	18	171																
TOMAS BAÑOS Y LOKERS	1														5	855	0,95	800			8,4	1	20	3/4"	12	12	12	15	5,98	1,52	3,42
TOMAS OFICINAS	3														7	1.197	0,95		1.260		13,1	1	20	3/4"	12	12	12	16	5,98	1,67	3,97
TOMAS SALÓN PROFESORES	5														7	1.197	0,95			1.260	13,1	1	20	3/4"	12	12	12	26	5,98	2,67	4,97
TOMAS SALÓN PROFESORES	7														7	1.197	0,95	1.260			13,1	1	20	3/4"	12	12	12	26	5,98	2,67	4,97
TOMAS COCINETA	9														4	684	0,95		720		7,5	1	20	3/4"	12	12	12	29	5,98	1,73	4,03
RESERVA	11																														
TOMAS DIRECCIÓN	13														8	1.368	0,95	1.440			15,0	1	20	3/4"	12	12	12	22	5,98	2,63	4,93
TOMAS ABCBISOR	15														1	171	0,95		180		1,9	1	20	3/4"	12	12	12	31	5,98	0,46	2,76
ILUMINACIÓN	17								4	6	5					446	0,95			469	4,9	1	20	3/4"	12	12	12	34	5,98	1,33	3,62
TOMAS PORTERÍA Y PATIO	2														6	1.026	0,95	1.080			11,3	1	20	3/4"	12	12	12	25	5,98	2,24	4,54
ILUMINACIÓN	4	2					2	11	27		20		4	1		1.276	0,90		1.410		14,8	1	20	3/4"	12	12	12	38	3,61	2,67	4,96
ILUMINACIÓN	6					4			16	10				4		1.004	0,90			1.110	11,6	1	20	3/4"	12	12	12	27	5,98	2,55	4,80
ILUMINACIÓN	8			6	5						2					497	0,90	552			5,8	1	20	3/4"	12	12	12	35	5,98	1,61	3,90
ILUMINACIÓN EMERGENCIA	10											21				74	0,90		82		0,9	1	20	3/4"	12	12	12	46	5,98	0,31	2,61
RESERVA	12																														
ILUMINACIÓN	14								12		12		6			444	0,90	493			5,1	1	20	3/4"	12	12	12	64	5,98	2,62	4,92
TABLERO REGULADO ADM.	16		1													3.000	1,00		3.600		36,1	2	30	3/4"	6	4	10	27	1,52	1,12	3,54
	18															3.000	1,00			3.000											
		2	1	6	5	4	2	11	50	10	30	21	10	5	45	17.418		3.825	4.559	8.034	75,3	3	90	1-1/2"	1/0	1/0	8	68	0,417	1,46	2,30
DIVERSIFICACIÓN:													TOTAL	INSTALADO (VA)		16.250	%Desbalance			6,1								FACTORES DE CORRECCIÓN:		FP	0,89
ILUMINACIÓN AL 100%	4.130													DIVERSIFICADO (VA)		16.250												TEMPERATURA	1,08		
TOMAS PRIMEROS 10000VA AL 100%	8.100																											OCUPACIÓN	0,8		
TOMAS ESPECIALES AL 100% (UPS)	6.000																											I NOMINAL (A)	50,7		
TOTAL	18.230																											I CORREGIDA (A)	73,3		

Cuadro de Carga 4: TP, Tablero Administrativo

CUADRO DE CARGAS TABLERO REGULADO ADMINISTRATIVO

Tablero 2F, 120/208V

Circuito	Número de Circuito	VIDEO BEAM (W)	MÓDULO NAC (W)	PANEL CONTRA INCENDIOS (W)	CAMARAS (W)	RACK (W)	TOMAS (W)	CARGA	FP	Carga Fases (VA)		Icond	Breakers		Alambrado				% REG.			3,54
																Calibre			REGULACIÓN			
		500	450	350	20	750	171	(W)		R	S	AMP.	Polo	AMP.	Diametro Ducto	F	N	T	DISTANCIA (m)	K CONDUCTOR	% REGULACIÓN PARCIAL	% REGULACIÓN TOTAL
TOMA CÁMARA CCTV	1				1			20	0,95	21		0,2	1	20	3/4"	12	12	12	17	5,98	0,03	3,57
TOMA MÓDULO NAC	3		1					450	0,95		474	4,9	1	20	3/4"	12	12	12	14	5,98	0,55	4,09
TOMAS	5						8	1.368	0,95	1.440		15,0	1	20	3/4"	12	12	12	15	5,98	1,79	5,34
TOMAS	7						6	1.026	0,95		1.080	11,3	1	20	3/4"	12	12	12	15	5,98	1,35	4,89
TOMAS	9						6	1.026	0,95	1.080		11,3	1	20	3/4"	12	12	12	12	5,98	1,08	4,62
TOMA CÁMARA CCTV	11				2			40	0,95		42	0,4	1	20	3/4"	12	12	12	18	5,98	0,06	3,60
TOMA VIDEOBEAM	13	1						500	0,95	526		5,5	1	20	3/4"	12	12	12	16	5,98	0,70	4,24
RESERVA	15																					
RESERVA	17																					
TOMA PCI	2			1				350	0,95		368	3,8	1	20	3/4"	12	12	12	28	5,98	0,86	4,40
RESERVA	4																					
TOMAS LUDOTECA Y EST. FIS. SENSORIAL	6						6	1.026	0,95		1.080	11,3	1	20	3/4"	12	12	12	26	5,98	2,33	5,87
TOMA CÁMARA CCTV	8				2			40	0,95	42		0,4	1	20	3/4"	12	12	12	16	5,98	0,06	3,60
TOMA CÁMARA CCTV	10				3			60	0,95		63	0,7	1	20	3/4"	12	12	12	18	5,98	0,09	3,64
TOMA RACK	12					1		750	0,95	789		8,2	1	20	3/4"	12	12	12	6	5,98	0,39	3,93
TOMA VIDEOBEAM	14	1						500	0,95		526	5,5	1	20	3/4"	12	12	12	28	5,98	1,22	4,77
RESERVA	16																					
TOMAS	18						1	171	0,95		180	1,9	1	20	3/4"	12	12	12	29	5,98	0,43	3,97
		2	1	1	8	1	27	7.327		3.899	3.814	41,7	2	30	1"	6	4	10	27	1,52	1,12	3,54
DIVERSIFICACIÓN:						TOTAL	INSTALADO (VA)	7.713	%Desbalance		2,2								FACTORES DE CORRECCIÓN:		FP	0,95
TODA LA CARGA AL 70%	5.399						DIVERSIFICADO (VA)	5.399											TEMPERATURA	1,08		
																			OCUPACIÓN	0,8		
																			I NOMINAL (A)	28,8		
TOTAL (VA)	5.399																		I CORREGIDA (A)	41,7		

Cuadro de Carga 5: TADM, Tablero Regulado Administrativo

CUADRO DE CARGAS TABLERO REGULADO CUARTO TÉCNICO

Tablero 2F, 120/208V

Circuito	Número de Circuito	VIDEO BEAM (W)	CAMARAS (W)	RACK (W)	TOMAS (W)	CARGA	FP	Carga Fases (VA)		Icond	Breakers		Alambrado				% REG.			2,65
														Calibre			REGULACIÓN			
		500	20	1000	171	(W)		R	S	AMP.	Polo	AMP.	Diametro Ducto	F	N	T	DISTANCIA (m)	K CONDUCTOR	% REGULACIÓN PARCIAL	% REGULACIÓN TOTAL
TOMA RACK	1			1		1.000	0,95	1.053		11,0	1	20	3/4"	12	12	12	8	5,98	0,70	3,35
TOMAS CÁMARAS	3		5			100	0,95		105	1,1	1	20	3/4"	12	12	12	29	5,98	0,25	2,90
TOMAS	5				2	342	0,95	360		3,8	1	20	3/4"	12	12	12	15	5,98	0,45	3,10
TOMAS CÁMARAS	7		7			140	0,95		147	1,5	1	20	3/4"	12	12	12	33	5,98	0,40	3,05
TOMA VIEDEO BEAM	9	1				500	0,95	526		5,5	1	20	3/4"	12	12	12	34	5,98	1,49	4,14
TOMA VIEDEO BEAM	11	2				1.000	0,95		1.053	11,0	1	20	3/4"	12	12	12	25	5,98	2,19	4,84
TOMAS AULA 2 Y AULA 3	2				2	342	0,95	360		3,8	1	20	3/4"	12	12	12	63	5,98	1,88	4,53
TOMA VIEDEO BEAM	4	1				500	0,95		526	5,5	1	20	3/4"	12	12	12	24	5,98	1,05	3,70
TOMAS CÁMARAS	6		3			60	0,95	63		0,7	1	20	3/4"	12	12	12	31	5,98	0,16	2,81
TOMA VIEDEO BEAM	8	1				500	0,95		526	5,5	1	20	3/4"	12	12	12	28	5,98	1,22	3,87
TOMA VIEDEO BEAM	10	2				1.000	0,95	1.053		11,0	1	20	3/4"	12	12	12	45	5,98	3,93	6,58
TOMAS	12				6	1.026	0,95		1.080	11,3	1	20	3/4"	12	12	12	36	5,98	3,23	5,88
		7	15	1	10	6.510		3.415	3.438	41,7	2	30	CARCAMO	8	6	10	6	2,38	0,40	2,65
DIVERSIFICACIÓN:				TOTAL	INSTALADO (VA)	6.853	%Desbalance		0,7								FACTORES DE CORRECCIÓN:		FP	0,95
TODA LA CARGA AL 70%	4.797				DIVERSIFICADO (VA)	4.797											TEMPERATURA	1,08		
																	OCUPACIÓN	0,8		
																	I NOMINAL (A)	28,8		
TOTAL (VA)	4.797																I CORREGIDA (A)	41,7		

Cuadro de Carga 6: TR, Tablero Regulado

CUADRO DE CARGAS TABLERO BOMBAS

Tablero 3F, 120/208V

Circuito	Número de Circuito	BOMBA DE RIEGO (W)	BOMBA EYECTORA (W)	BOMBA AGUA POTABLE (W)	CARGA	FP	Carga Fases (VA)			Icond	Breakers		Alambrado				% REG. ACUMULADA			1,41
														Calibre			REGULACIÓN			
		2984	1492	8952	(W)		R	S	T	AMP.	Polo	AMP.	Diametro Ducto	F	N	T	DISTANCIA (m)	K CONDUCTOR	% REGULACIÓN PARCIAL	% REGULACIÓN TOTAL
BOMBA AGUA POTABLE	1			1	8.952	0,85	3.511			36,6	3	30	3/4"	10	10	10	6	3,43	0,5	1,9
	3							3.511												
	5								3.511											
BOMBA EYECTORA	7		1		1.492	0,85	878			10,5	2	20	3/4"	12	12	12	6	5,67	0,3	1,7
	9							878												
BOMBA DE RIEGO	11	1			2.984	0,85			1.755	21,1	2	20	3/4"	12	12	12	6	5,67	0,6	2,0
	2						1.755													
RESERVA	4							1.000												
RESERVA	6								1.000											
	8																			
	10																			
	12																			
		1	1	1	13.428		6.144	5.388	6.266	63,5	3	60	1-1/4"	4	4	8	18	0,947	0,62	1,41
DIVERSIFICACIÓN:			TOTAL	INSTALADO (VA)	17.798		%Desbalance		9,9								FACTORES DE CORRECCIÓN:		FP	0,76
TODA LA CARGA AL 100%	15.798			DIVERSIFICADO (VA)	15.798												TEMPERATURA	1,08		
																	OCUPACIÓN	0,8		
																	I NOMINAL (A)	43,9		
TOTAL	15.798																I CORREGIDA (A)	63,5		

Cuadro de Carga 7: TRAD, Tablero Bombas

El proyecto consta en su mayor parte por cargas propias de oficinas institucionales y de formación, posee una cantidad considerable de carga inductiva, por lo que más adelante se realiza un estudio de las consecuencias del factor de potencia en la red. Para este diseño se consideró que las instalaciones eléctricas internas aportan una cantidad de armónicos que deben tenerse en cuenta para determinar si afectan la calidad de la energía. Para esto se analiza la Norma IEEE 519-2014, cuyo propósito es recomendar los límites de Distorsión Armónica en los Sistemas de Potencia (ver análisis más adelante).

3.2. Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.

Los cables de Media Tensión tendrán un nivel de aislamiento de 15000 voltios y se usaran a 11400 voltios, lo cual significa que tendrá un factor de seguridad de 1,316 veces.

Para los Interruptores de Media Tensión tendrán un nivel de aislamiento de 17500 voltios y se usarán con un voltaje de 11400 voltios, lo cual significa que tendrán un factor de seguridad de 1,535 veces.

Los cables de Baja Tensión tendrán un nivel de aislamiento de 600 voltios y se usaran a 208 voltios, lo cual significa que tendrá un factor de seguridad de 2,73 veces.

Para los Interruptores de Baja Tensión tendrán un nivel de aislamiento de 600 voltios y se usarán con un voltaje de 208 voltios, lo cual significa que tendrán un factor de seguridad de 2,73 veces.

Para los equipos de baja tensión (tomas, lámparas, tableros) tendrán un nivel de aislamiento de 600 voltios y se usarán con un voltaje de 120 voltios, lo cual significa que tendrán un factor de seguridad de 5 veces.

Teniendo en cuenta los factores de seguridad, tendremos que la mayor probabilidad de falla en el nivel de aislamiento se presenta en los cables de Baja Tensión considerando que estos cables están protegidos mecánicamente por tuberías PVC embebidas en concreto, lo cual permite que se disminuya la probabilidad de falla. Pero tenemos un factor importante en la conservación del nivel de aislamiento en cables y es la humedad del aire ya que esta se mantiene baja y contribuye a que se conserve el nivel de aislamiento.

Para controlar este nivel de aislamiento, cada año debe hacerse un plan de mantenimiento en el cual se incluya la medición de los niveles de aislamiento de los cables eléctricos.

La tensión a la que funcionará el proyecto será a 11,4 kV, y no aplica la coordinación de aislamiento ya que esta se debe realizar para proyectos por encima de los 52 kV es decir en alta tensión, sin embargo, se realiza el siguiente análisis rápido.

Tensión nominal del sistema	Tensión máxima entre fases	Nivel de aislam. Al impulso	K . A 2.000 m s.n.m	TCF NORMAL BIL 0.961	TCF DISEÑO TCF NORM	Distancia mínima fase tierra (cm)		Distancia mínim fase tierra DIN VDE 0101 IEC 71	
U_N [Kv]	Um [Kv]	BIL o BLS [Kv]	&	[Kv]	[Kv]	Ka = 1	Ka = 0.893	FF > 1.4 N[cm]	FF < 1.4 S[cm]
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
3	3.6	45	0.893	46.8	52.4	8.51	9.53	15	15
6	7.2	60	0.893	62.4	69.9	11.35	12.71	15	15
10	12	75	0.893	78	87.4	14.19	15.89	15	15
15	17.5	95	0.893	98.8	110.6	17.97	20.12	16	15
20	24	125	0.893	130	145.6	23.65	26.48	21.5	16
30	36	170	0.893	176.8	198	32.16	36.02	32.5	27
45	52	250	0.893	260	291.2	47.3	52.97	52	43
60	72.5	325	0.893	338	378.5	61.49	68.86	70	58
88	100	380	0.893	395	442.3	71.89	80.51	87	73
88-110	100-123	450	0.893	468	524.1	85.14	95.34	95	80
110-132	123-145	550	0.893	572	640.5	104.1	116.53	110	95
132-150	145-170	650	0.893	676	757	123	137.71	135	110
150	170	750	0.893	780	873.5	141.9	158.9	155	135
220	245	825	0.893	858	961	156.1	174.79	175	155
220	245	900	0.893	936	1048.2	170.3	190.68	190	170
220-275	245-300	1050	0.893	1092	1222.8	198.6	222.46	220	185
275-330	300-362	850	0.893	884	990	*223	250	245	205
330-380	362-420	950	0.893	988	1106.4	*269	301	270	240
380	420	1050	0.893	1093	1222.8	*317	355	310	290
500	525	1175	0.893	1223	1368.4	*383	429	430	410
700	765	1550	0.893	1613	1806.3	*608	681	625	

Tabla 3: Niveles Básicos de Aislamiento al Impulso (BIL), Estandar IEC 60071-1

El estándar IEC 60071-1 muestra una tabla en la que se evidencia los niveles básicos de aislamiento al impulso (BIL) estandarizados por IEC según la tensión de servicio.

Para el caso de la red de media tensión de CODENSA se tiene un nivel de 11,4 kV, quedando dentro del rango de 15 kV y según la tabla el BIL mínimo para los equipos a utilizar en la red, el valor TCF (tensión critica de flameo) es un dato que se ha obtenido en forma experimental que presenta una probabilidad de flameo del 50%, por eso se toma el valor normalizado de diseño teniendo en cuenta factores de seguridad.

En las redes de distribución de niveles de 11,4 kV, se toma un BIL de 98,8 kV para diseño como lo muestra la tabla anterior.

Para calcular la tensión de servicio del descargador se toma la tensión máxima entre fases 17.5 kV y un factor de seguridad KI que según este mismo estándar para tensión por debajo de los 52 kV debe ser de 1,4.

Según la ecuación

$TDS = (17.5\ kV) / (\sqrt{3}) \times 1.4 = 8.2\ kV$

De las especificaciones técnicas de los pararrayos de óxido de zinc con dispositivos de desconexión y envolvente polimérica para 25 kV y 10 kA de CODENSA la tensión de servicio es de hasta 25 kV y el BIL es de 130 kV, por otro lado, para los transformadores de distribución se consultaron los catálogos de los fabricantes y mostraron BIL para tensiones 11.4kV y 13.8 kV de 95 kV hasta de 150 kV.

Se utilizarán aisladores de suspensión tipo sintético para 15kV (de porcelana tipo disco de 6”).

Con todo lo anterior se evidencia que los equipos seleccionados para el diseño cumplen con los requisitos mínimos de aislamiento para la tensión requerida, cabe aclarar que no se especifica la marca ya que el desarrollo de la obra no es el alcance del diseño y depende de las decisiones del ingeniero responsable de la misma y el dueño del proyecto, sin embargo en estas memorias quedan consignados los valores mínimos de aislamiento requeridos.

3.3. Análisis de cortocircuito y falla a tierra.

El análisis de corto circuito lo obtenemos considerando las características del transformador y las tensiones de operación:

Capacidad de Transformación: 75 kVA
Voltajes de operación: 11,4k/208-120 V

$$I_{nBT} = \frac{75}{\sqrt{3} * 0{,}208} = 208{,}33A$$

Z (%) $_{transformador}$ = 6%

$$I_{ccbt} = \frac{208{,}33}{0{,}06} = 3472{,}22A$$

$$I_{nmt} = \frac{75}{\sqrt{3} * 11{,}4} = 3{,}8A$$

$I_{ccmt} = \frac{3{,}8}{0{,}06} = 63{,}38A$ = corriente máxima de falla a tierra.

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

El propósito de la evaluación del nivel de riesgo es establecer la necesidad de utilizar un sistema de protección contra rayos en una estructura dada, y determinar si este sistema debe ser integral. La evaluación del nivel de riesgo es el elemento más importante en el procedimiento para diseñar un sistema de protección contra rayos, y especialmente en el procedimiento de selección del nivel de protección. Por ello el método de evaluación debe ser efectivo y relativamente simple. Para evaluar el nivel de riesgo se tienen en cuenta cuatro índices, clasificados y ponderados dentro de dos características: los parámetros de los rayos y los índices que están relacionados con la estructura. Los parámetros de las descargas eléctricas atmosféricas utilizados para encontrar el nivel de riesgo son la densidad de descargas a tierra DDT, y la corriente pico absoluta promedio Iabs expresada en kiloamperios, asignando una mayor relevancia a la primera de éstas, debido a que existe una mayor probabilidad de que una estructura se vea afectada dependiendo de la cantidad de descargas a la que está expuesta, que de la intensidad de las mismas.

A continuación se muestra el análisis realizado para el proyecto del Centro Crecer de Bogotá:

PROYECTO:	Centro Crecer	
DIMENSIONES DE LA ESTRUCTURA A PROTEGER		
Largo de la estructura **L** (m)	75	
Ancho de la estructura **W** (m)	35	
Altura máxima de la estructura **H** (m)	9	
Marque si la estructura posee parte sobresaliente.	☑	**Ejemplo de dimensiones de estructura**
Altura máxima de la estructura **Hp** (m)	13	
Densidad de rayos a tierra (Rayos/km²-año) **DDT**	1	**DDT**
CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO		
Seleccione la localizacion de la estructura a ser protegida.	Rodeado de objetos o árboles de igual altura o	
Ambiente donde están las acometidas de la estructura.	Urbano (entre 10 y 20 m de altura)	
Selecione el tipo de suelo en el **interior** de la estructura	Mármol, cerámica.	
Selecione el tipo de suelo en el **exterior** de la estructura	Prado, concreto.	

ACCIONES PREVENTIVAS FRENTE AL RIESGO POR RAYO

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

Selecione el nivel de protección de la estructura

Estructura no protegida

Seleccione el sistema de protección interno adoptado en el edificio.	Sin sistema de protección interno
Si la estructura a proteger posee paredes y techos metálicos con un espesor entre 0,1 mm y 0,5 mm marque la casilla.	☐
Tamaño de la cuadrícula para apantallamientos localizados, distancia entre bajantes o distancia entre columnas si se utiliza un sistema natural w (m).	20
Tipo de cableado interno	Sin apantallamiento y pequeños lazos inductivos (misma canalización sin ento
Marque la casilla si la pantalla del cable esta conectada a la misma barra equipotencial a la cual esta conectado el equipo.	☐
Tipo de canalización	○ Metálica puetas a tierra en ambos extremos
	● Metálica no puesta a tierra o en un solo extremo
	○ No Metálica
Ingrese el menor valor de tensión soportable al impulso tipo rayo en voltios, del sistema a proteger (BIL equipos) **Uw**	501
Marque la casilla si existe equipotencialización de las estructuras metálicas, sistemas internos, partes conductoras externas, acometidas de servicio y lineas conectadas a la estructura a proteger	☑

EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS

PÉRDIDAS DE VIDAS HUMANAS

Seleccione el uso de la estructura.	Industrial, comercial, escuelas, oficinas.
Marque si pueden haber personas expuestas a tensiones de paso y de contacto dentro de la estructura, fuera de la estructura o en ambas ubicaciones.	☑ Dentro de la estructura
	☑ Fuera de la estructura
Pérdidas por sobretensiones en instalaciones con sistemas eléctricos críticos.	Sistemas eléctricos críticos para la seguric
Selecione el riesgo por fuego en la estructura.	Bajo (Estructuras que almacenen material combustible ocasionalm

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

Extintores manuales;instalaciones de alarma manual; hidrantes; compartimientos contra fuego; rutas de

Selecione la situación especial de peligro.

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

PÉRDIDA DE SERVICIOS ESCENCIALES

Selecione el tipo de servicio público que no se debería perder.	TV, Telecomunicaciones, Suministro de potencia

PÉRDIDA DE HERENCIA CULTURAL IRREEMPLAZABLE

Seleccione si existe herencia cultural irreemplazable en la edificiación.	☐

EVALUACIÓN DE RIESGO DE LA ESTRUCTURA		
PROYECTO:	Centro Crecer	
© Copyright: Seguridad Eléctrica Ltda.		
RIESGO DE PÉRDIDA DE VIDAS HUMANAS	RIESGO DE PÉRDIDA DEL SERVICIO PÚBLICO	RIESGO DE PÉRDIDA DEL PATRIMONIO CULTURAL
R_1	R_2	R_3
2,9583E-06	2,28E-04	0,00E+00
R_1	R_2	R_3
1,0000000E-05	1,00E-03	1,00E-03
R_1	R_2	R_3
OK!!! RIESGO CONTROLADO	OK!!! RIESGO CONTROLADO	OK!!! RIESGO CONTROLADO

Regresar

VALORES DE RIESGO CALCULADO

VALORES DE RIESGO TOLERABLE

CONTROL DEL RIESGO

De lo anterior se observa que considerando los factores de la ubicación geográfica y las características del proyecto no se requiere sistema de protección contra rayos, sin embargo tomando en consideración el uso especial que se dará a las instalaciones se recomienda utilizar un sistema de protección mínimo, nivel de protección IV, por lo que, para la colocación de las puntas captadoras de 0,6m de altura se utilizará el método de la esfera rodante con un radio de 55m.

En conclusión:

- Se recomienda la implementación de un sistema de protección externo.
- Dadas las características constructivas del proyecto es importante garantizar la continuidad de todos los componentes metálicos, para lo cual se debe garantizar la equipotencialidad de las mismas.
- Se debe garantizar el buen mantenimiento del sistema periódicamente para examinar el posible punto de falla por el pasar del tiempo.

- Se deben instalar DPS en bornes de transformador y se sugiere la instalación de DPS en el tablero principal para proteger el sistema interno de posibles fallas.

- Se recomienda tener en cuenta las disposiciones de seguridad industrial a lo que refiere a la extinción de incendios mediante extintores manuales y/o automáticos.

3.5. ANÁLISIS DE RIESGOS ELÉCTRICOS Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS - ARTÍCULO 9. RETIE. ANÁLISIS DE RIESGOS DE ORIGEN ELÉCTRICO

ARTÍCULO 9. RETIE. ANÁLISIS DE RIESGOS DE ORIGEN ELÉCTRICO

En general la utilización y dependencia tanto industrial como doméstica de la energía eléctrica ha traído consigo la aparición de accidentes por contacto con elementos energizados o incendios, los cuales se han incrementado por el aumento del número de instalaciones, principalmente en la distribución y uso final de la electricidad. Esta parte del RETIE tiene como principal objetivo crear conciencia sobre los riesgos existentes en todo lugar donde se haga uso de la electricidad o se tengan elementos energizados.

El resultado final del paso de una corriente eléctrica por el cuerpo humano puede predecirse con un gran porcentaje de certeza, si se toman ciertas condiciones de riesgo conocidas y se evalúa en qué medida influyen todos los factores que se conjugan en un accidente de tipo eléctrico. Por tal razón el personal que intervenga en una instalación, en función de las características de la actividad, proceso o situación, debe aplicar las medidas necesarias para que no se potencialice un riesgo de origen eléctrico.

ARTÍCULO 9.1RETIE. ELECTROPATOLOGÍA

Esta disciplina estudia los efectos de corriente eléctrica, potencialmente peligrosa, que puede producir lesiones en el organismo, así como el tipo de accidentes que causa. Las consecuencias del paso de la corriente por el cuerpo humano pueden ocasionar desde una simple molestia hasta la muerte, dependiendo del tipo de contacto; sin embargo, debe tenerse en cuenta que en general la muerte no es súbita. Por lo anterior, el RETIE ha recopilado los siguientes conceptos básicos para que las personas tengan en cuenta:

- Los accidentes con origen eléctrico pueden ser producidos por: contactos directos (bipolar o fase- fase, fase-neutro, fase-tierra), contactos indirectos (inducción, contacto con masa energizada, tensión de paso, tensión de contacto, tensión transferida), impactos de rayo, fulguración, explosión, incendio, sobrecorriente y sobretensiones.

- Los seres humanos expuestos a riesgo eléctrico, se clasifican en individuos tipo “A” y tipo “B”. El tipo “A” es toda persona que lleva conductores eléctricos que terminan en el corazón en procesos invasivos; para este tipo de paciente, se considera que la corriente máxima segura es de 80 µA. El individuo tipo “B” es aquel que está en contacto con equipos eléctricos y que no lleva conductores directos al corazón.

- Algunos estudios, principalmente los de Dalziel, han establecido niveles de corte de corriente de los dispositivos de protección que evitan la muerte por electrocución (ver Tabla 9.1)

CORRIENTE DE DISPARO	6 mA (rms)	10 mA (rms)	20 mA (rms)	30 mA (rms)
Hombres	100 %	98,5 %	7,5 %	0 %
Mujeres	99,5 %	60 %	0 %	0 %
Niños	92,5 %	7,5 %	0 %	0 %

Tabla 9.1 Porcentaje de personas que se protegen según la corriente de disparo

Biegelmeier estableció la relación entre el $I^2.t$ (energía específica) y los efectos fisiológicos (ver Tabla 9.2).

ENERGÍA ESPECÍFICA $I^2.t$. ($A^2s \times 10^{-6}$)	PERCEPCIONES Y REACCIONES FISIOLÓGICAS.
4 a 8	Sensaciones leves en dedos y en tendones de los pies.
10 a 30	Rigidez muscular suave en dedos, muñecas y codos.
15 a 45	Rigidez muscular en dedos, muñecas, codos y hombros. Sensación en las piernas.
40 a 80	Rigidez muscular y dolor en brazos y piernas.
70 a 120	Rigidez muscular, dolor y ardor en brazos, hombros y piernas.

Tabla 9.2 Relación entre energía específica y efectos fisiológicos

- Debido a que los umbrales de soportabilidad de los seres humanos, tales como el de paso de corriente (1,1 mA), de reacción a soltarse (10 mA) y de rigidez muscular o de fibrilación (25 mA) son valores muy bajos; la superación de dichos valores puede ocasionar accidentes como la muerte o la pérdida de algún miembro o función del cuerpo humano.

- En la siguiente gráfica tomada de la NTC 4120, con referente IEC 60479-2, se detallan las zonas de los efectos de la corriente alterna de 15 Hz a 100 Hz.

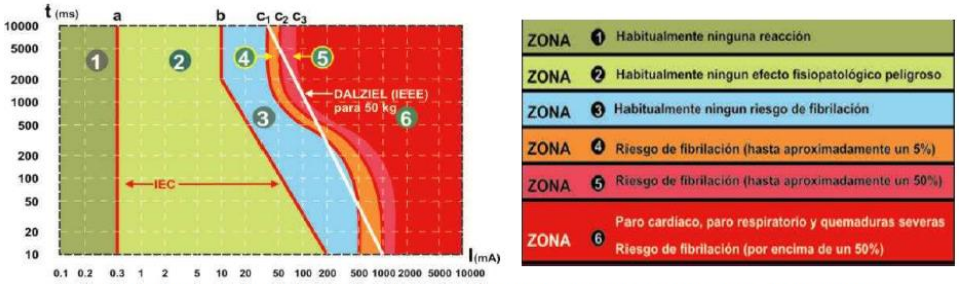


Figura 9.1 Zonas de tiempo/corriente de los efectos de las corrientes alternas de 15 Hz a 100 Hz

- Cuando circula corriente por el organismo, siempre se presentan en mayor o menor grado tres efectos: nervioso, químico y calorífico.

- En cada caso de descarga eléctrica intervienen una serie de factores variables con efecto aleatorio, sin embargo, los principales son: Intensidad de la corriente, la resistencia del cuerpo humano, trayectoria, duración del contacto, tensión aplicada y frecuencia de la corriente.

- El paso de corriente por el cuerpo, puede ocasionar el estado fisiopatológico de shock, que presenta efectos circulatorios y respiratorios simultáneamente.

- La fibrilación ventricular consiste en el movimiento anárquico del corazón, el cual no sigue su ritmo normal y deja de enviar sangre a los distintos órganos.

- El umbral de fibrilación ventricular depende de parámetros fisiológicos y eléctricos, por ello se ha tomado la curva C1 como límite para diseño de equipos de protección. Los valores umbrales de corriente en menos de 0,2 segundos se aplican solamente durante el período vulnerable del ciclo cardíaco.

- Electrización es un término para los accidentes con paso de corriente no mortal.

- La electrocución se da en los accidentes con paso de corriente, cuya consecuencia es la muerte, la cual puede ser aparente, inmediata o posterior.

- La tetanización muscular es la anulación de la capacidad del control muscular, la rigidez incontrolada de los músculos como consecuencia del paso de una corriente eléctrica.

- La asfixia se produce cuando el paso de la corriente afecta al centro nervioso que regula la función respiratoria, ocasionando el paro respiratorio. Casi siempre por contracción del diafragma.

- Las quemaduras o necrosis eléctrica se producen por la energía liberada al paso de la corriente (calentamiento por efecto Joule) o por radiación térmica de un arco eléctrico.

- El bloqueo renal o paralización de la acción metabólica de los riñones, es producido por los efectos tóxicos de las quemaduras o mioglobinuria.

- Pueden producirse otros efectos colaterales tales como fracturas, conjuntivitis, contracciones, golpes, aumento de la presión sanguínea, arritmias, fallas en la respiración, dolores sordos, paro temporal del corazón, etc.

- El cuerpo humano es un buen conductor de la electricidad. Para efectos de cálculos, se ha normalizado la resistencia como 1000 Ω. Experimentalmente se mide entre las dos manos sumergidas en solución salina, que sujetan dos electrodos y una placa de cobre sobre la que se para la persona. En estudios más profundos el cuerpo humano se ha analizado como impedancias (Z) que varían según diversas condiciones (ver Figura 9.2). Los órganos como la piel, los músculos, etc., presentan ante la corriente eléctrica una impedancia compuesta por elementos resistivos y capacitivos.

- Los estados en función del grado de humedad y su tensión de seguridad asociada son:

  - Piel perfectamente seca (excepcional): 80 V
  - Piel húmeda (normal) en ambiente seco: 50 V
  - Piel mojada (más normal) en ambientes muy húmedos: 24 V
  - Piel sumergida en agua (casos especiales): 12 V

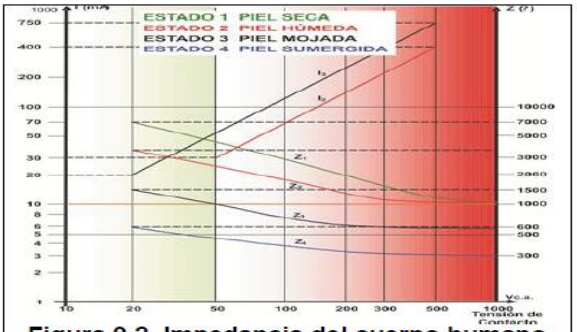


Figura 9.2 Impedancia del cuerpo humano

Nota: La alta dependencia de la impedancia del cuerpo con el contenido de agua en la piel obliga a que en las instalaciones eléctricas en áreas mojadas, tales como cuartos de baños, mesones de cocina, terrazas, espacios inundados, se deben tomar mayores precauciones como el uso de tomas o interruptores con protección de falla a tierra y el uso de muy baja tensión en instalaciones como las de piscinas.

Artículo No. 9.2 EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO

Para la elaboración del presente reglamento se tuvieron en cuenta los elevados gastos en que frecuentemente incurren el Estado y las personas o entidades afectadas cuando se presenta un accidente de origen eléctrico, los cuales superan significativamente las inversiones que se hubieren requerido para minimizar o eliminar el riesgo.

Para los efectos del presente reglamento se entenderá que una instalación eléctrica es de PELIGRO INMINENTE o de ALTO RIESGO, cuando carezca de las medidas de protección frente a condiciones donde se comprometa la salud o la vida de personas, tales como: ausencia de la electricidad, arco eléctrico, contacto directo e indirecto con partes energizadas, rayos, sobretensiones, sobrecargas, cortocircuitos, tensiones de paso, contacto y transferidas que excedan límites permitidos.

Artículo No. 9.2.1 **Matriz de análisis de riesgos**

Con el fin de evaluar el nivel o grado de riesgo de tipo eléctrico, se puede aplicar la siguiente matriz para la toma de decisiones (Tabla 9.3). La metodología a seguir en un caso en particular, es la siguiente:
a. Definir el factor de riesgo que se requiere evaluar o categorizar.
b. Definir si el riesgo es potencial o real.
c. Determinar las consecuencias para las personas, económicas, ambientales y de imagen de la empresa. Estimar dependiendo del caso particular que analiza.
d. Buscar el punto de cruce dentro de la matriz correspondiente a la consecuencia (1, 2, 3, 4, 5) y a la frecuencia determinada (a, b, c, d, e): esa será la valoración del riesgo para cada clase.
e. Repetir el proceso para la siguiente clase hasta que cubra todas las posibles pérdidas.
f. Tomar el caso más crítico de los cuatro puntos de cruce, el cual será la categoría o nivel del riesgo.
g. Tomar las decisiones o acciones, según lo indicado en la Tabla 9.4.

Artículo No. 9.2.2 Criterios para determinar alto riesgo

Para determinar la existencia de alto riesgo, la situación debe ser evaluada por un profesional competente en electrotecnia y basarse en los siguientes criterios:

Que existan condiciones peligrosas, plenamente identificables, especialmente carencia de medidas preventivas específicas contra los factores de riesgo eléctrico; equipos, productos o conexiones defectuosas; insuficiente capacidad para la carga de la instalación eléctrica; violación de distancias de seguridad; materiales combustibles o explosivos en lugares donde se pueda presentar arco eléctrico; presencia de lluvia, tormentas eléctricas y contaminación.

b. Que el peligro tenga un carácter inminente, es decir, que existan indicios racionales de que la exposición al factor de riesgo conlleve a que se produzca el accidente. Esto significa que la muerte o una lesión física grave, un incendio o una explosión, puede ocurrir antes de que se haga un estudio a fondo del problema, para tomar las medidas preventivas.

c. Que la gravedad sea máxima, es decir, que haya gran probabilidad de muerte, lesión física grave, incendio o explosión, que conlleve a que una parte del cuerpo o todo, pueda ser lesionada de tal manera que se inutilice o quede limitado su uso en forma permanente o que se destruyan bienes importantes de la instalación o de su entorno.

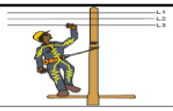
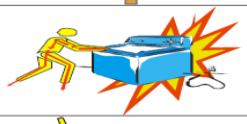
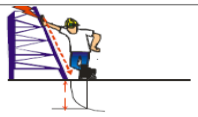
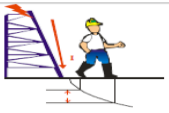
d. Que existan antecedentes comparables, el evaluador del riesgo debe referenciar al menos un antecedente ocurrido con condiciones similares.

Artículo No. 9.3 FACTORES DE RIESGO ELÉCTRICO MÁS COMUNES

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

El tratamiento preventivo de la problemática del riesgo de origen eléctrico, obliga a saber identificar y valorar las situaciones irregulares, antes de que suceda algún accidente. Por ello, es necesario conocer claramente el concepto de riesgo; a partir de ese conocimiento, del análisis de los factores que intervienen y de las circunstancias particulares, se tendrán criterios objetivos que permitan detectar la situación de riesgo y valorar su grado de peligrosidad. Identificado el riesgo, se han de seleccionar las medidas preventivas aplicables.

En la Tabla 9.5 se ilustran algunos de los factores de riesgo eléctrico más comunes, sus posibles causas y algunas medidas de protección.

	ARCOS ELÉCTRICOS. **POSIBLES CAUSAS:** Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar gafas de protección contra rayos ultravioleta.
	AUSENCIA DE ELECTRICIDAD. **POSIBLES CAUSAS:** Apagón o corte del servicio, no disponer de un sistema ininterrumpido de potencia - UPS, no tener plantas de emergencia, no tener transferencia. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Disponer de sistemas ininterrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática.
	**CONTACTO DIRECTO** **POSIBLES CAUSAS:** Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** 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.
	**CONTACTO INDIRECTO** **POSIBLES CAUSAS:** Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo.
	CORTOCIRCUITO **POSIBLES CAUSAS:** Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.
	ELECTRICIDAD ESTÁTICA **POSIBLES CAUSAS:** Unión y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN**: Sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente, eliminadores eléctricos y radiactivos, pisos conductivos.
	EQUIPO DEFECTUOSO **POSIBLES CAUSAS:** Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.
	RAYOS **POSIBLES CAUSAS:** Fallas en el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Pararrayos, bajantes, puestas a tierra, equipotencialización, apantallamientos, topología de cableados. Además suspender actividades de alto riesgo, cuando se tenga personal al aire libre.
	SOBRECARGA **POSIBLES CAUSAS:** Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armónicos. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN**: Interruptores automáticos con relés de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con cortacircuitos, cortacircuitos, fusibles, dimensionamiento adecuado de conductores y equipos.
	**TENSIÓN DE CONTACTO** **POSIBLES CAUSAS:** Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.
	**TENSIÓN DE PASO** **POSIBLES CAUSAS:** Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas, retardo en el despeje de la falla, **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.

Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos, para los 11 factores de riesgo más comunes.

Evento o Efecto: Quemaduras, Factor de Riesgo: Arcos eléctricos, Fuente: Celda de transformador.

RIESGO A EVALUAR: EVENTO O EFECTO por FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (al) o (en) FUENTE

POTENCIAL [ ] REAL [ ]

CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		FRECUENCIA E: No ha ocurrido en el sector	D: Ha ocurrido en el sector	C: Ha ocurrido en la Empresa	B: Sucede varias veces al año en la Empresa	A: Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos, Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños 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: _____ MP: _____ Fecha: _____

Tabla 9.3 Matriz para análisis de riesgos

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	***Inadmisible para trabajar.*** Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar 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).
	Alto	***Minimizarlo.*** Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	***Aceptarlo.*** Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	***Asumirlo.*** Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué 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.

Tabla 9.4 Decisiones y acciones para controlar el riesgo

Evento o Efecto: Ausencia de servicios, Factor de Riesgo: Ausencia de electricidad, Fuente: Lugares donde se exijan plantas de emergencia.

RIESGO A EVALUAR: EVENTO O EFECTO por FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (al) o (en) FUENTE

POTENCIAL [ ] REAL [ ]

CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		FRECUENCIA E: No ha ocurrido en el sector	D: Ha ocurrido en el sector	C: Ha ocurrido en la Empresa	B: Sucede varias veces al año en la Empresa	A: Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos, Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños 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: _____ MP: _____ Fecha: _____

Tabla 9.3 Matriz para análisis de riesgos

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	***Inadmisible para trabajar.*** Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar 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).
	Alto	***Minimizarlo.*** Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	***Aceptarlo.*** Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	***Asumirlo.*** Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué 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.

Tabla 9.4 Decisiones y acciones para controlar el riesgo

Evento o efecto: Electrocución, Factor de Riesgo: Contacto Directo, Fuente: Armario de tablero.

RIESGO A EVALUAR:	EVENTO O EFECTO	por FACTOR DE RIESGO (CAUSA)	(al) o (en) FUENTE						
POTENCIAL ■		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:			MP:			Fecha:				

Tabla 9.3 Matriz para análisis de riesgos

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	***Inadmisible para trabajar.*** Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar 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).
	Alto	***Minimizarlo.*** Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	***Aceptarlo.*** Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	***Asumirlo.*** Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué 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.

Tabla 9.4 Decisiones y acciones para controlar el riesgo

Evento o Efecto: Electrocución, Factor de Riesgo: Contacto Indirecto, Fuente: Acometida en MT.

RIESGO A EVALUAR:	EVENTO O EFECTO	por FACTOR DE RIESGO (CAUSA)	(al) o (en) FUENTE						
POTENCIAL ■		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:			MP:			Fecha:				

Tabla 9.3 Matriz para análisis de riesgos

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	***Inadmisible para trabajar.*** Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar 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).
	Alto	***Minimizarlo.*** Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	***Aceptarlo.*** Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	***Asumirlo.*** Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué 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.

Tabla 9.4 Decisiones y acciones para controlar el riesgo

Evento o Efecto: Ausencia de electricidad, Factor de Riesgo: Cortocircuito, Fuente: Bornes de transformador.

RIESGO A EVALUAR:	EVENTO O EFECTO	por	FACTOR DE RIESGO (CAUSA)	(al) o (en)	FUENTE

POTENCIAL ☐ REAL ☐

CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		FRECUENCIA E: No ha ocurrido en el sector	D: Ha ocurrido en el sector	C: Ha ocurrido en la Empresa	B: Sucede varias veces al año en la Empresa	A: Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños 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: _____ MP: _____ Fecha: _____

Tabla 9.3 Matriz para análisis de riesgos

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	***Inadmisible para trabajar.*** Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar 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).
	Alto	***Minimizarlo.*** Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	***Aceptarlo.*** Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	***Asumirlo.*** Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué 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.

Tabla 9.4 Decisiones y acciones para controlar el riesgo

Evento o Efecto: Electrocución, Factor de Riesgo: Electricidad Estática, Fuente: Elemento no conductor.

RIESGO A EVALUAR:	EVENTO O EFECTO	por	FACTOR DE RIESGO (CAUSA)	(al) o (en)	FUENTE

POTENCIAL ☐ REAL ☐

CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		FRECUENCIA E: No ha ocurrido en el sector	D: Ha ocurrido en el sector	C: Ha ocurrido en la Empresa	B: Sucede varias veces al año en la Empresa	A: Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños 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: _____ MP: _____ Fecha: _____

Tabla 9.3 Matriz para análisis de riesgos

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	***Inadmisible para trabajar.*** Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar 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).
	Alto	***Minimizarlo.*** Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	***Aceptarlo.*** Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	***Asumirlo.*** Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué 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.

Tabla 9.4 Decisiones y acciones para controlar el riesgo

Evento o Efecto: Electrocución, Factor de Riesgo: Equipo defectuoso, Fuente: Bomba de suministro.

RIESGO A EVALUAR: EVENTO O EFECTO por FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (al) o (en) FUENTE

POTENCIAL ■ REAL □

CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		FRECUENCIA E: No ha ocurrido en el sector	D: Ha ocurrido en el sector	C: Ha ocurrido en la Empresa	B: Sucede varias veces al año en la Empresa	A: Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños 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: _____ MP: _____ Fecha: _____

Tabla 9.3 Matriz para análisis de riesgos

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	***Inadmisible para trabajar.*** Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar 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).
	Alto	***Minimizarlo.*** Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	***Aceptarlo.*** Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	***Asumirlo.*** Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué 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.

Tabla 9.4 Decisiones y acciones para controlar el riesgo

Evento o Efecto: Quemaduras, Factor de Riesgo: Rayos, Fuente: Espacios abiertos.

RIESGO A EVALUAR: EVENTO O EFECTO por FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (al) o (en) FUENTE

POTENCIAL ■ REAL □

CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		FRECUENCIA E: No ha ocurrido en el sector	D: Ha ocurrido en el sector	C: Ha ocurrido en la Empresa	B: Sucede varias veces al año en la Empresa	A: Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños 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: _____ MP: _____ Fecha: _____

Tabla 9.3 Matriz para análisis de riesgos

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	***Inadmisible para trabajar.*** Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar 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).
	Alto	***Minimizarlo.*** Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	***Aceptarlo.*** Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	***Asumirlo.*** Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué 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.

Tabla 9.4 Decisiones y acciones para controlar el riesgo

Evento o Efecto: Ausencia de electricidad, Factor de Riesgo: Sobrecarga, Fuente: Tablero de servicios generales.

RIESGO A EVALUAR:	EVENTO O EFECTO	por	FACTOR DE RIESGO (CAUSA)	(al) o (en)	FUENTE

POTENCIAL ☐ REAL ☐

CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		FRECUENCIA E: No ha ocurrido en el sector	D: Ha ocurrido en el sector	C: Ha ocurrido en la Empresa	B: Sucede varias veces al año en la Empresa	A: Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños 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: _____ MP: _____ Fecha: _____

Tabla 9.3 Matriz para análisis de riesgos

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	***Inadmisible para trabajar.*** Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar 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).
	Alto	***Minimizarlo.*** Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	***Aceptarlo.*** Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	***Asumirlo.*** Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué 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.

Tabla 9.4 Decisiones y acciones para controlar el riesgo

Evento o Efecto: Electrocución, Factor de Riesgo: Tensión de contacto, Fuente: Armario de medidores.

RIESGO A EVALUAR:	EVENTO O EFECTO	por	FACTOR DE RIESGO (CAUSA)	(al) o (en)	FUENTE

POTENCIAL ☐ REAL ☐

CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		FRECUENCIA E: No ha ocurrido en el sector	D: Ha ocurrido en el sector	C: Ha ocurrido en la Empresa	B: Sucede varias veces al año en la Empresa	A: Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños 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: _____ MP: _____ Fecha: _____

Tabla 9.3 Matriz para análisis de riesgos

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	***Inadmisible para trabajar.*** Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar 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).
	Alto	***Minimizarlo.*** Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	***Aceptarlo.*** Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	***Asumirlo.*** Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué 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.

Tabla 9.4 Decisiones y acciones para controlar el riesgo

Evento o Efecto: Quemaduras, Factor de Riesgo: Tensión de paso, Fuente: Descargas Atmosféricas.

RIESGO A EVALUAR:	EVENTO O EFECTO	por FACTOR DE RIESGO (CAUSA)	(al) o (en) FUENTE					
POTENCIAL		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:			MP:					Fecha:		

Tabla 9.3 Matriz para análisis de riesgos

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	***Inadmisible para trabajar.*** Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar 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).
	Alto	***Minimizarlo.*** Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	***Aceptarlo.*** Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	***Asumirlo.*** Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué 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.

Tabla 9.4 Decisiones y acciones para controlar el riesgo

CONCLUSIONES

Por las características del proyecto y tomando en cuenta que en el diseño se consideran las distancias de seguridad, los niveles de aislamiento, se diseña un apropiado sistema de apantallamiento y se cumplen con las normas aplicables a cada caso, el nivel de riesgo es bajo, por lo que se considerarán las recomendaciones y acciones de la tabla 9.4 para este nivel de riesgo.

9.4 MEDIDAS A TOMAR EN SITUACIONES DE ALTO RIESGO

En circunstancias que se evidencie ALTO RIESGO o PELIGRO INMINENTE para las personas, se debe interrumpir el funcionamiento de la instalación eléctrica, excepto en aeropuertos, áreas críticas de centros de atención médica o cuando la interrupción conlleve a un riesgo mayor; caso en el cual se deben tomar otras medidas de seguridad, tendientes a minimizar el riesgo.

En estas situaciones, la persona calificada que tenga conocimiento del hecho, debe informar y solicitar a la autoridad competente que se adopten medidas provisionales que mitiguen el riesgo, dándole el apoyo técnico que esté a su alcance; la autoridad que haya recibido el reporte debe comunicarse en el menor tiempo posible con el responsable de la operación de la instalación eléctrica, para que realice los ajustes requeridos y lleve la instalación a las condiciones reglamentarias; de no realizarse dichos ajustes, se debe informar inmediatamente al organismo de control y vigilancia, quien tomará la medidas pertinentes.

9.5 NOTIFICACIÓN DE ACCIDENTES

En los casos de accidentes de origen eléctrico con o sin interrupción del servicio de energía eléctrica, que tengan como consecuencia la muerte, lesiones graves de personas o afectación grave de inmuebles por incendio o explosión, la persona que tenga conocimiento del hecho debe comunicarlo en el menor tiempo posible a la autoridad competente o a la empresa prestadora del servicio.

Las empresas responsables de la prestación del servicio público de energía eléctrica, deben dar cumplimiento a lo establecido en el inciso d) del artículo 4 de la Resolución 1348 de 2009 expedida por el Ministerio de la Protección Social, en lo referente al deber de investigar y reportar cualquier accidente o incidente ocurrido con su personal directo o de contratistas en sus redes eléctricas. Adicionalmente, deben reportar cada tres meses al Sistema Único de Información (SUI) los accidentes de origen eléctrico ocurridos en sus redes y aquellos con pérdida de vidas en las instalaciones de sus usuarios. Para ello, debe recopilar los accidentes reportados directamente a la empresa y las estadísticas del Instituto de Medicina Legal o la autoridad que haga sus veces en dicha jurisdicción, siguiendo las condiciones establecidas por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) en su calidad de administrador de dicho sistema; el reporte debe contener como mínimo el nombre del accidentado, tipo de lesión, causa del accidente, lugar y fecha, y las medidas tomadas. Esta información será para uso exclusivo de las entidades de control, Ministerio del Trabajo, Ministerio de Salud y Protección Social y Ministerio de Minas y Energía. El incumplimiento de este requisito, el encubrimiento o alteración de la información sobre los accidentes de origen eléctrico, será considerado una violación al RETIE.

3.6. Análisis del nivel de tensión requerido.

El proyecto requiere la conexión a la red en media tensión (11,4kV) de la empresa electrificadora CODENSA, se instalará una subestación eléctrica con un transformador capsulado de 75 kVA con tensiones en el secundario de 120/208V debido a que los equipos a instalar requieren alimentación 120 V fase-neutro y 208 fase - fase, sin requerir voltajes superiores.

3.7. Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la Tabla 14.1 Resol. 90708 RETIE

El voltaje superior que se manejará en el proyecto del Centro Crecer en Bogotá será de 11,4kV, el cual es menor a los 57,5kV que establece el Item 14,4 de la Resolución 90708 RETIE como límite inferior

de tensión requerido para realizar el cálculo y la medición de campos electromagnéticos, también es importante considerar que el área de la sub estación y los tramos en los que se ubicarán las acometidas de media tensión se encuentran físicamente alejados de los sitios de trabajo y de las áreas en las que comúnmente estarán ubicadas las personas, lo que minimiza la exposición de estás a campos electromagnéticos emitidos por las instalaciones eléctricas. Por estas razones se concluye que no se requieren estudios ni mediciones de campos electromagnéticos en el proyecto de la Centro Crecer en Bogotá.

3.8. Cálculo de transformador incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.

El cálculo de los transformadores se realiza considerando lo establecido en las tablas 220-11 y 220-13 de la norma NTC2050. Por motivos de seguridad asociados al uso de las instalaciones la iluminación de las áreas de aulas, áreas de estimulación física y sensorial, gimnasio, comedor y de oficinas se toma al 100%, y las áreas comunes se diversifican considerando lo establecido en la mencionada tabla 220-13.

En la Tabla 1 de la IEEE519-2014, se muestran los Límites de Distorsión Armónica requeridos de acuerdo a los rangos de Voltaje:

Table 1—Voltage distortion limits

Bus voltage V at PCC	Individual harmonic (%)	Total harmonic distortion THD (%)
$V \leq 1.0$ kV	5.0	8.0
1 kV $< V \leq$ 69 kV	3.0	5.0
69 kV $< V \leq$ 161 kV	1.5	2.5
161 kV $< V$	1.0	1.5[a]

[a]High-voltage systems can have up to 2.0% THD where the cause is an HVDC terminal whose effects will have attenuated at points in the network where future users may be connected.

Para el transformador de 75kVA:

Tensión: 11400/208/120 V
Potencia: 75 kVA 3F
In: 208,33 A

Icc: 3472,22 A

El tamaño relativo de la carga con el respecto a la fuente se define como la relación de cortocircuito SCR:

SCR=Icc/In

Donde:

Icc: Corriente de Corto Circuito.
In: Corriente de Carga.

La Relación de Corto circuito es 16,66.

Teniendo en cuenta el rango de voltaje en la Tabla 1_Voltage Distortion limits, la Distorsión Armónica (THD) es del 5%.

Table 2—Current distortion limits for systems rated 120 V through 69 kV

Maximum harmonic current distortion in percent of I_L						
Individual harmonic order (odd harmonics)[a, b]						
I_{SC}/I_L	$3 < h < 11$	$11 < h < 17$	$17 < h < 23$	$23 < h < 35$	$35 < h < 50$	TDD
< 20[c]	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20 < 50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50 < 100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100 < 1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
> 1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

[a]Even harmonics are limited to 25% of the odd harmonic limits above.

[b]Current distortions that result in a dc offset, e.g., half-wave converters, are not allowed.

[c]All power generation equipment is limited to these values of current distortion, regardless of actual I_{sc}/I_L

where

I_{sc} = maximum short-circuit current at PCC

I_L = maximum demand load current (fundamental frequency component) at the PCC under normal load operating conditions

Con esta relación podemos determinar La Distorsión Total de la Demanda (TDD), teniendo en cuenta la Tabla 2 de la IEEE 519 – 2014., Para una relación SCR menor de 20%, el límite recomendado es

de 5, y Para componentes armónicas de orden menores a 11, el límite es de 4. Para nuestros cálculos tendremos en cuenta una distorsión Armónica de 5%.

El transformador escogido no estará sobrecargado ya que la carga instalada no sobrepasa la capacidad nominal del mismo, además, no todas las áreas permanecerán iluminadas al mismo tiempo, ni todos los tomacorrientes estarán operando al mismo tiempo y a su máxima capacidad, sin embargo si este escenario se da, el transformador si es de un fabricante certificado debe estar en capacidad de soportar toda esta carga, luego se debe exigir al fabricante el cumplimiento mínimos según la guía técnica.

Por lo anteriormente explicado se concluye que un transformador de 75 kVA, capsulado, nivel de tensión 11400V/208V-120V, DY5 está bien dimensionado para las necesidades del Centro Crecer en Bogotá.

Se selecciona este transformador por ser la capacidad normalizada más cercana a la carga solicitada por el proyecto del Centro Crecer en Bogotá.

CÁLCULO TRANSFORMADOR		
1)Bombas al 100%	15,8	KVA
2)Cargas Especiales al 100%	4,5	KVA
3)UPS al 100%	12,0	KVA
4)Ascensor al 100%	5,0	KVA
4)Iluminación al 100%	11,9	KVA
5)Tomas De Usos Generales Diversificados (primeros 10 kVA al 100%, el resto al 50%)	20,4	KVA
Factor de Distorsión Armónica	1,05	
Total	73,2	KVA
Transformador Escogido	75,0	KVA
Corriente (A)	208,3	A
Protección (A)	3x200	A
Protección Transformador	3x200	A
Acometida Transformador BT	3X500MCM(F)+1X500MCM (N)+ 1x2(T)	

Tabla 4: Cálculo de Transformador

Para evaluar la corrección del factor de potencia del transformador de 75kVA se hace análisis de la carga instalada y tal como se observa en el cuadro de cargas del TGD, existe un factor de potencia

superior a 0,9 por lo que no se considera necesario instalar un banco de condensadores para corregir factor de potencia.

Para el cálculo de la Planta Eléctrica de emergencia, se consideró que está suplirá el total de la carga en caso de falla de la red eléctrica. Adicionalmente se consideró que la planta eléctrica debe tener la capacidad de arrancar la Bomba Contra Incendios en caso de emergencia (se considera BCI con sistema de arranque Y- Δ).

Es importante destacar que la planta eléctrica tiene la capacidad suficiente para suministrar la energía nominal requerida por la BCI más la carga del Centro Crecer, solo al momento del arranque de la BCI es necesario que la planta suministre energía exclusivamente a la bomba contra incendio, por lo que como se indicó anteriormente en caso de incendio en ausencia de energía por parte de la empresa electrificadora, los tableros de Bypass del tablero general de distribución (TGD) y el de la BCI estarán sincronizados a través de retardos programados de forma tal que en primera instancia se energice la BCI y posteriormente luego del régimen transitorio de arranque de esta (10 segundos aproximadamente) sea energizado el TGD.

BCI	
Potencia	50 hp
Letra Código Estimada	G
kVA/HP Letra Código	6,3
Tipo de Arranque	Y-Δ
Iarranque	291,7 A
Protección	Magnética 300A
Cálculo Planta Eléctrica	
Carga Centro Crecer	75 kVA
Carga BCI (Arranque)	115 KVA
Carga BCI (Nominal)	44 KVA
Planta Seleccionada	125 KVA

Tabla 5: Cálculo de Planta Eléctrica de Emergencia

Del cálculo mostrado en la tabla anterior se decide instalar un Planta Eléctrica de 125 kVA.

3.9. Cálculo del sistema de puesta a tierra.

El presente informe tiene con objetivo presentar los resultados de las mediciones de resistividad de terreno efectuados en el terreno en donde se construirá el sistema de puesta a tierra para la Centro Crecer Bogotá como paso preliminar para el diseño del sistema de puesta a tierra.

Con objeto de medir la resistividad del suelo para el presente proyecto se aplicó el Método de Wenner, en el cual se hace necesario insertar 4 electrodos en el suelo, los cuatro electrodos se colocan en línea recta y a una misma profundidad de penetración, las mediciones de resistividad dependerán de la distancia entre electrodos y de la resistividad del terreno, y por el contrario no dependen en forma apreciable del tamaño y del material de los electrodos, aunque sí dependen de la clase de contacto que se haga con la tierra.

El principio básico de este método es la inyección de una corriente directa o de baja frecuencia a través de la tierra entre dos electrodos C1 y C2 mientras que el potencial que aparece se mide entre dos electrodos P1 y P2. Estos electrodos están enterrados en línea recta y a igual separación entre ellos. La razón V/I es conocida como la resistencia aparente. La resistividad aparente del terreno es una función de esta resistencia y de la geometría del electrodo.

En la figura 1 se observa esquemáticamente la disposición de los electrodos, en donde la corriente se inyecta a través de los electrodos exteriores y el potencial se mide a través de los electrodos interiores. La resistividad aparente está dada por la siguiente expresión:

$$\rho := \frac{4\cdot\pi\cdot A\cdot R}{\left[1+\left[\frac{2\cdot A}{\left(A^2+4\cdot B^2\right)^{0.5}}\right]-\frac{2\cdot A}{\left(4\cdot A^2+4\cdot B^2\right)^{0.5}}\right]}$$

Donde

p : Resistividad promedio a la profundidad (A) en ohm-m

A : Distancia entre electrodos en metros.

B : Profundidad de enterrado de los electrodos en metros

R : Lectura del terrómetro en ohms.

Si la distancia enterrada (B) es pequeña comparada con la distancia de separación entre electrodos (A). O sea A > 20B, la siguiente fórmula simplificada se puede aplicar:

$$\rho := 2\cdot\pi\cdot A\cdot R$$

En donde:

- p es la resistividad del terreno en Ohm-m
- A es la distancia de separación entre los electrodos de medición
- R es la resistencia medida en Ohm

La resistividad obtenida como resultado de estas ecuaciones representa la resistividad promedio de un hemisferio de terreno de un radio igual a la separación de los electrodos.

En la medición de resistividad de un terreno, es común encontrar valores muy dispares, causados por las variaciones geológicas del mismo, por lo que es una práctica común de una tabla con lecturas, el eliminar los valores que estén 50% arriba o abajo del promedio aritmético de todos los valores medidos y calcular el promedio de las lecturas obtenidas para las diferentes distancias de separación entre electrodos y las diferentes longitudes de las mismas.

El montaje utilizado para la medición se resistividad se ilustra en la siguiente imagen:

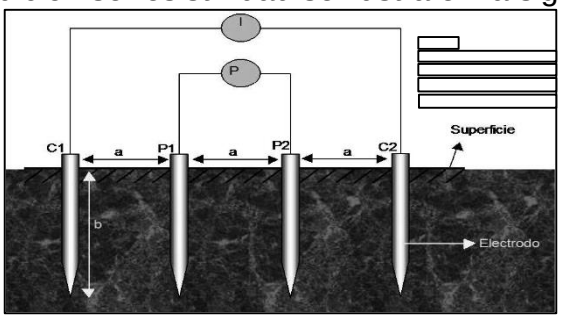


Imagen 2: Diagrama de montaje utilizado para medición de resistividad del terreno

Donde C son electrodos de corriente y P son electrodos de potencial

Se realizó la medición de la resistividad del terreno en un lugar cercano a la posible ubicación de la malla del sistema de puesta a tierra a partir del Método de Wenner, se tomaron medidas en dos direcciones perpendiculares hacia la parte central del terreno. En cada una de las direcciones se tomaron 4 medidas con distancias de separación entre los electrodos de 1, 2, 3 y 4 metros con el fin de levantar el perfil de resistividad del terreno. El equipo utilizado para la medición es el telurómetro marca Metrel modelo MI 3123.

Imagen 3: Instalación de elementos de medición

A continuación se presentan los resultados obtenidos:

Separación (m)	Resistividad ρ (Ωm)		ρ_{PROM} (Ωm)
	Dirección 1	Dirección 2	
1.0	8.1	5.3	6.7
2.0	13.2	4.2	8.7
3.0	5.5	4.5	5.0
4.0	5.4	5.1	5.3

Tabla 6: Resultados de la medición de resistividad

Resistividad promedio: 6.4 ohm-m

A partir de estos resultados se obtiene una gráfica de la resistividad en función de la separación entre electrodos, la cual se muestra a continuación:

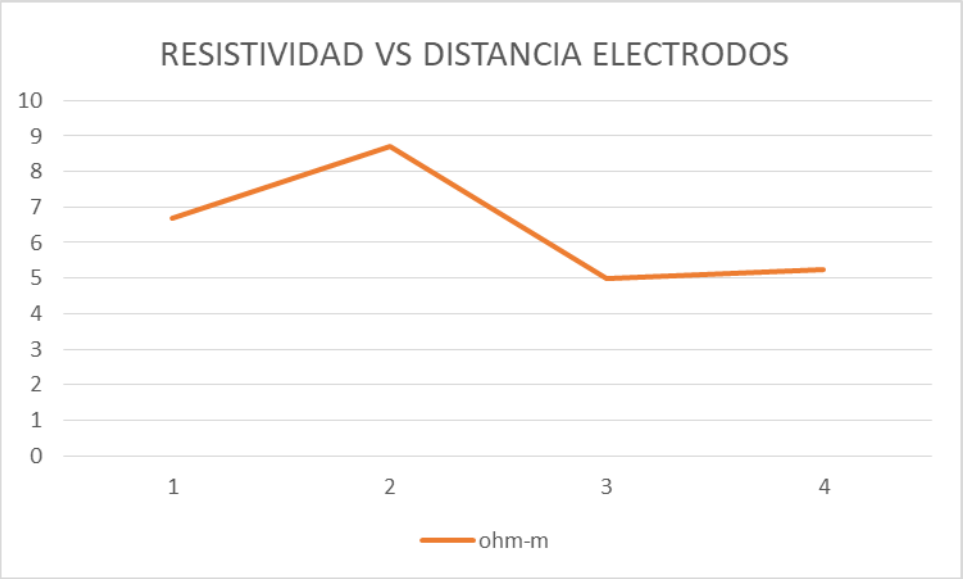


Gráfico 1: Resistividad vs separación entre electrodos

Imagen 4: Medición de resistividad del terreno

3.9.1. Calculo de puesta a tierra

Los valores de cortocircuito para el punto de conexión del proyecto "Centro Crecer de Bogotá" son: Icc 1F: 3,84 kA, Icc 3F: 8,34 kA.

Edificio Centro Crecer

CÁLCULO DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA

RESISTIVIDAD EL TERRENO

$$\rho = \frac{4\pi a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{(a^2+4b^2)}} - \frac{a}{\sqrt{(a^2+b^2)}}}$$

ρ	Resistividad aparente del terreno Ohm/m
a	Separación entre electrodos adyacentes
b	Profundidad de enterramiento de los electrodos
R	Lectura en Ohms del telurómetro

ρ SUPUESTA=	7	Ω/m	
ρ=	7	Ω/m	

CÁLCULO DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA

ρ	Resistividad aparente del terreno Ohm/m	7	Ω/m
ρ_s	Resistividad superficial del área. Para concretos	4.000	Ohm/m
h_s	Espesor de capa superficial en m	0,5	m
I	Corriente falla monofásica a tierra suministrada por el OR	3843	A
t_s	Tiempo de despeje de la falla dado por el OR	0,017	sg

Selección del conductor

A_{cc}^2=

A	Sección del conducto en mm²	67,44	mm2
I	Corriente falla monofásica a tierra suministrada por el OR	3843	A
k_f	Constante del conductor/temperatura de fusión T_m	11,78	
T_m	Temperatura de fusión del conductor	95	°C
t_s	Tiempo de despeje de la falla dado por el OR	0,017	sg

A_{cc}^2=	5,25	mm2

CONDUCTOR	2/0	AWG
A_{cc}^2=	67,44	

CONDUCTOR SELECCIONADO	2/0	AWG	
A_{cc}^2=	67,44	mm2	sección trasversal del conductor
d	0,01	m	diámetro del conductor

Página 1

TENSIONES DE PASO Y CONTACTO TOLERABLES

Para una persona de 70 kg:

(corriente admisible soportada por el cuerpo humano).

$U_{paso\ tolerable}$= V

$U_{contacto\ tolerable}$= V

Donde:

C_s= 1-

C_s= 0,91757569

$U_{paso\ tolerable}$=	20.482,04	V
$U_{contacto\ tolerable}$=	5.787,77	V

Determinación de la configuración inicial:

Longitud del conductor $L_T = L_s + N * L_v$ m

$L_s = (\frac{L_1}{D} + 1) * L_2 + (\frac{L_2}{D} + 1) * L_1$ m

PARA LA SIGUIENTE CONFIGURACIÓN:

D=	1	m	ESPACIAMIENTO ENTRE CONDUCTORES
L_1-	5	m	LARGO DE LA MALLA
L_2-	5	m	ANCHO DE LA MALLA
h=	0,5	m	PROFUNDIDAD DE ENTERRAMIENTO DE LOS CONDUCTORES
N=	4		ELECTRODOS TIPO VARILLA
L_v=	2,40	m	LONGITUD DE LOS ELECTRODOS

L_s=	60	m
LT =	69,6	m
AREA=	25	m2

PARA LA SIGUIENTE CONFIGURACIÓN:

D=	1	m	ESPACIAMIENTO ENTRE CONDUCTORES
L_1=	5	m	LARGO DE LA MALLA
L_2=	5	m	ANCHO DE LA MALLA
h=	0,5	m	PROFUNDIDAD DE ENTERRAMIENTO DE LOS CONDUCTORES
N=	4		ELECTRODOS TIPO VARILLA
L_v=	2,40	m	LONGITUD DE LOS ELECTRODOS

L_c=	60	m
LT =	69,6	m
AREA=	25	m2

Cálculo de la resistencia de puesta a tierra R_g en ohmios:

Página 2

R_g= $$\rho * \left[\frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20 * A}} \left(1 + \frac{1}{1 + h * \sqrt{20 / A}} \right) \right]$$

R_g= 0,62993613

Cálculo del máximo potencial de tierra (GPR):

GPR = $I_G * R_g$ (V) donde I_G= 1,9 I_g

IG=	7301,7
GPR =	4599,60461

Si GPR > $U_{contacto\ tolerable}$ se calculan las tensiones de malla y de paso en caso de falla;
SI GPR < $U_{contacto\ tolerable}$,DISEÑO ES VALIDO

GPR ≤ Ucontacto tolerable? **SÍ**

Cálculo de tensión de la malla en caso de falla

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

donde K_m= $$\frac{1}{2\pi} \left[\ln \left[\frac{D^2}{16 h d} + \frac{(D + 2 * h)}{8 * D * h} - \frac{h}{4 * d} \right] + \frac{k_{ii}}{k_h} * \ln \left[\frac{8}{\pi * (2 * n - 1)} \right] \right]$$

Si $U_{reticula}$ > $U_{contacto}$, se debe cambiar la configuración de la malla;
Si Ureticula < Ucontacto se pasa a calcular la tensión de paso.

h=	0,5	m
D=	1	m
L_1-	10	m
L2-	5	m
CAL COND	2/0	AWG
A_{cc} ²=	67,44	mm2
d	0,01	m
Lp=	30	m
n_a =	4	
n_b =	1,22474487	
n_c =	1,27456063	
n=	6,24404637	
K_i=	1,56811886	
K_s=	1,225	
Km=	0,4389612	

Página 3

$U_{reticula}$=	454,589222	V	
$U_{contacto\,tolerable}$=	5.787,77	V	**SÍ CUMPLE**

Ureticula < Ucontacto, entonces se pasa a calcular la tensión de paso.

Cálculo de tensión de la malla en caso de falla

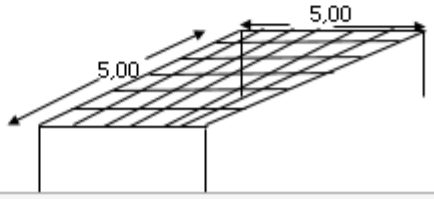
$$U_{reticula} = \frac{\rho \; I_G \; K_m \; K_i}{0.75 \, L_c + 0.85 * N * L_r}$$

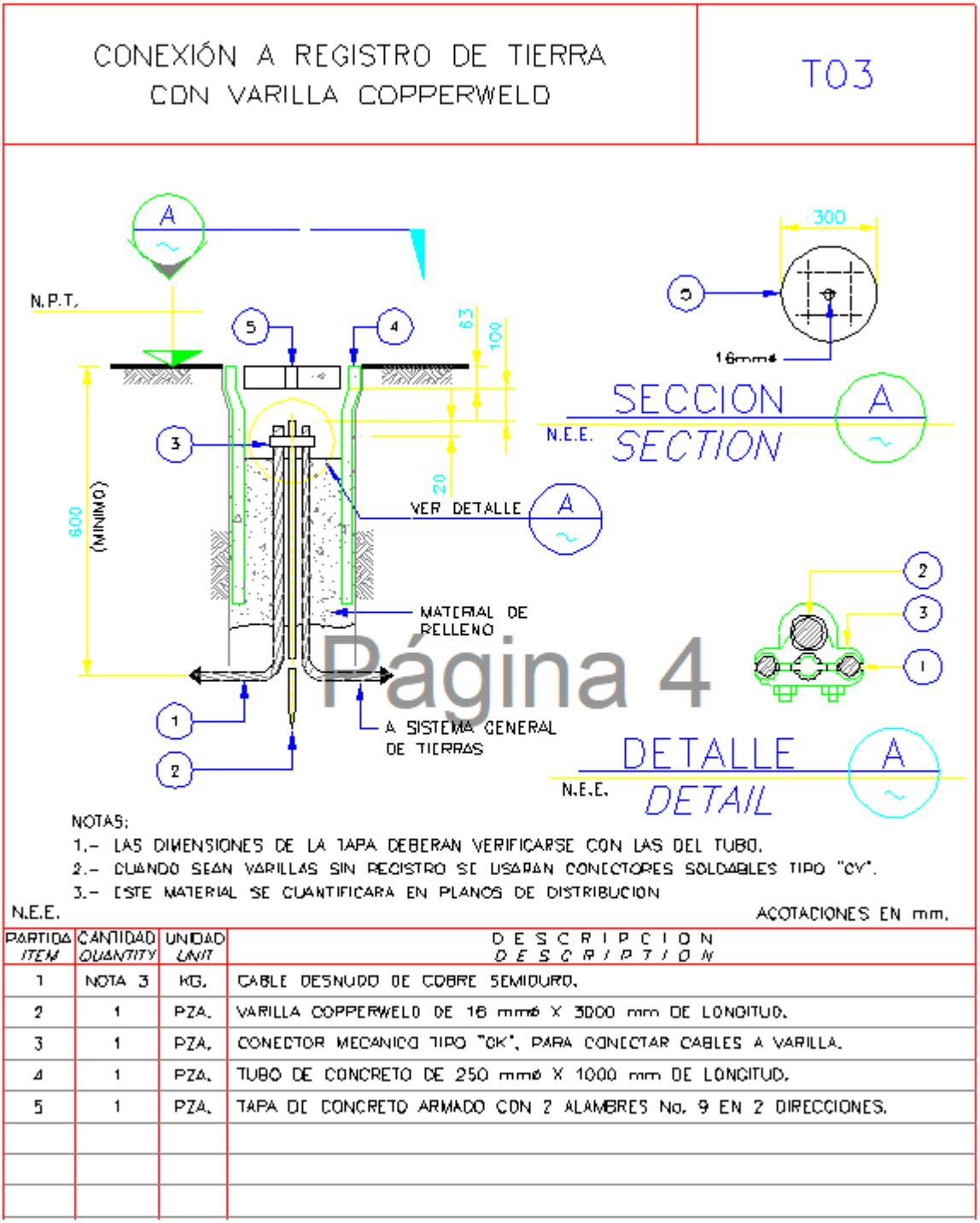
$$K_m = \frac{1}{\pi}\left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D}\left(1 - 0.5^{n-2}\right)\right]$$

Si U_{paso}> $U_{paso\,tolerable}$, cambiar la configuración de la malla; si U_{paso}< $U_{paso\,tolerable}$, el diseño ha terminado.

K_s=	0,83202808		
U_{paso}=	479,07	V	
$U_{paso\,tolerable}$=	20.482,04	V	**SÍ CUMPLE**

Upaso < Upaso tolerable





PARTIDA ITEM	CANTIDAD QUANTITY	UNIDAD UNIT	DESCRIPCION DESCRIPTION
1	NOTA 3	KG.	CABLE DESNUDO DE COBRE SEMIDURO.
2	1	PZA.	VARILLA COPPERWELD DE 16 mmø X 3000 mm DE LONGITUD.
3	1	PZA.	CONECTOR MECANICO TIPO "CK", PARA CONECTAR CABLES A VARILLA.
4	1	PZA.	TUBO DE CONCRETO DE 250 mmø X 1000 mm DE LONGITUD.
5	1	PZA.	TAPA DE CONCRETO ARMADO CON 2 ALAMBRES No. 9 EN 2 DIRECCIONES.

Página 4

Imagen 5: Detalle de Instalación de barra de conexión a tierra

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

Para el cálculo económico del conductor de baja tensión se tiene en cuenta un valor de kW/h de 410 pesos, precios comerciales de los conductores, una proyección a 20 años (vida útil sugerida por fabricantes de conductores) por último se asume que durante el tiempo de vida útil el conductor estará alimentando a plena carga por un periodo de 8 horas diarias, sin tener en cuenta el mantenimiento de las instalaciones.

CENTRO CRECER ACOMETIDAS MEMORIAS DE CÁLCULO							
CÁLCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES EN BT							
Acometida en	PRECIO DE	Distancia	PRECIO TOTAL	I	Pérdidas	VALOR Kw/h	VALOR DE PÉRDIDAS
CU O AL	ACOMETIDA POR METRO	Metros	ACOMETIDA	Amperios	I2XR(kW)	PROMEDIO	EN 20 AÑOS 8 HORAS//DIA
3X500MCM(F)+ 1X500MCM (N)+ 1x2(T)	$298.572,7	50	$14.928.636,0	208,2	7,39	410,00	$191.970.434,2
2x(3X350MCM(F)+ 1X350MCM (N)+ 1x1/0(T))	$136.235,0	50	$6.811.750,0	208,2	8,67	410,00	$214.467.458,3

Tabla 7: Comparación económica de conductores AL vs CU

De lo anterior se observa que económicamente es conveniente el uso de conductor en cobre de 250 MCM AWG.

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

Para la verificación de conductores considerando el tiempo de disparo de los interruptores y la corriente de cortocircuito se utilizará la siguiente ecuación $S=Icc\times\sqrt{t}/C$, donde Icc = Corriente de cortocircuito admisible, S = Sección del conductor en mm2, t = Tiempo de duración del cortocircuito, en seg y C = Coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de sus temperaturas al inicio y final del cortocircuito. Para el uso de esta ecuación se supone:
Fenómeno de duración limitada.

- La temperatura antes del cortocircuito, es la máxima admisible en régimen permanente, para cada tipo de aislamiento.
- La temperatura al final del cortocircuito es la máxima admisible por el aislamiento para este régimen.
- Todo el calor generado se acumula en la masa del conductor incrementando su temperatura y por consiguiente el que se transmite al exterior es nulo (proceso adiabático).

Luego de realizar los cálculos para el conductor de MT XLPE en AL y para el conductor de BT de 250MCM AWG HFFRLS CU se obtienen los siguientes resultados:

Conductor	Sección requerida por Icc (mm^2)	Sección del conductor seleccionado (mm^2)
XLPE	3,54	67,4
500MCM	36,00	253,35

Tabla 8: Verificación de conductores por Icc

En la tabla anterior se observa que los conductores seleccionados cumplen con los requisitos mínimos del sistema por corrientes de cortocircuito.

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

En el presente diseño se espera bajar en media tensión de poste existente, de ahí en adelante la acometida en MT será subterránea, por lo que no se estima necesario realizar cálculo de estructuras.

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

Se inicia calculando la corriente máxima de falla a tierra para un (1) transformador tipo seco clase H de capacidad de 75 kVA, por lo tanto se tiene un valor teórico de máxima corriente de cortocircuito en bornes de transformador (esto implica despreciar la impedancia existente debida a la red MT desde la S/E hasta el punto donde se encuentra instalado el transformador) limitado por la impedancia de Cortocircuito (Uz%) es de 6%.

Capacidad de Transformación: 75 kVA
Voltajes de operación: 11,4k/208-120 V

$$I_{nBT} = \frac{75}{\sqrt{3} * 0{,}208} = 208{,}33A$$

$$Z\ (\%)_{\text{transformador}} = 6\%$$

$$I_{ccbt} = \frac{208{,}33}{0{,}06} = 3472{,}22A$$

$$I_{nmt} = \frac{75}{\sqrt{3} * 11{,}4} = 3{,}8A$$

$$I_{ccmt} = \frac{3{,}8}{0{,}06} = 63{,}38A$$ = corriente máxima de falla a tierra.

Para calcular el tiempo de despeje de falla, manejamos la relación de I_{ccbt} y la corriente nominal del interruptor

$$\frac{I_{ccbt}}{I_{n\text{int}}} = \frac{3472{,}22A}{200A} = 17{,}36$$ = Tiempo de despeje de falla

A continuación, se muestra el diagrama de diseño en MT y en BT para la coordinación de protecciones en el Centro Crecer de Bogotá:

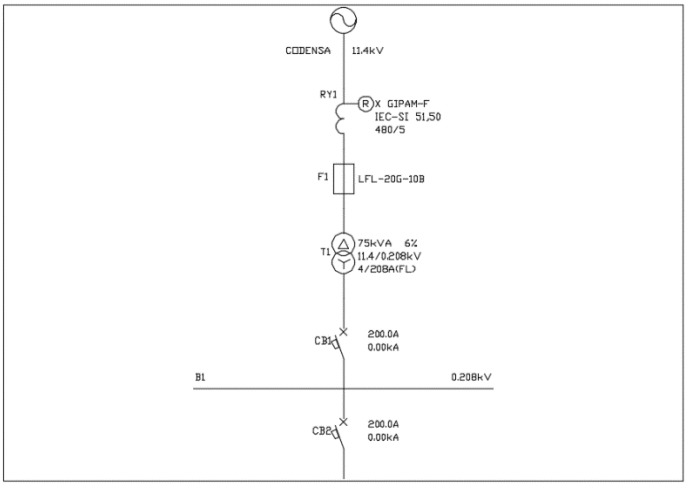


Gráfico 2: Esquema de conexión de elementos para la coordinación de protecciones.

DPX 600 A	
I (A)	T (S)
8,67	1000
10,49	500
15,97	200
21,9	100
31,03	50
45,63	28
45,63	10
45,63	5
45,63	3,3
45,63	1,6
45,63	0,013
456,25	0,0085

HH 10 A	
I (A) MT	T (S)
94	0,02
80	0,04
66	0,1
58	0,2
50	0,5
48	1
40	10
36	100
35	1000

A continuación se muestran los resultados de la simulación de la coordinación de protecciones de los elementos de MT y BT para el diseño del Centro Crecer de Bogotá.

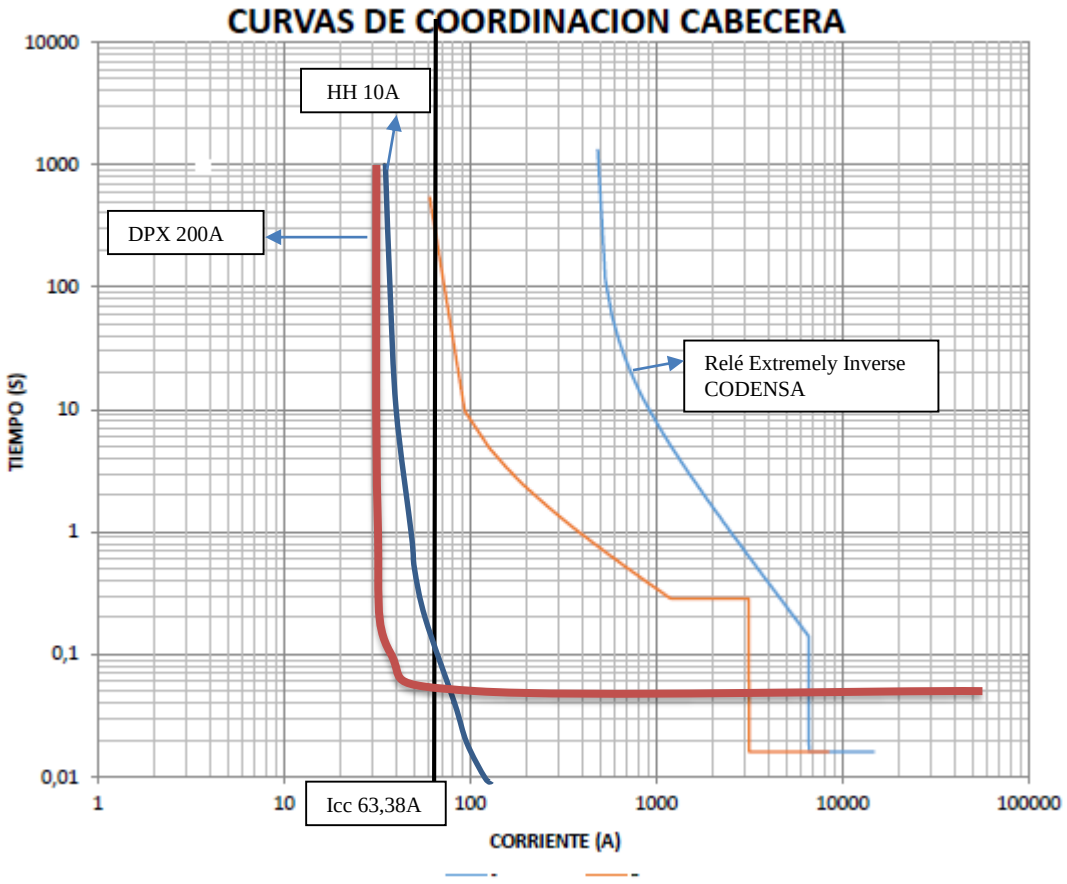


Gráfico 3: Curvas de protecciones considerando los datos remitidos por la empresa CODENSA.

Para la protección en MT se tiene en cuenta que para un transformador de 75 kVA la protección se debe hacer con un fusible HH de 4 A, sin embargo, el resultado de la coordinación de protecciones muestra que se debe instalar una protección HH de 10 A, de acuerdo al tiempo de despeje de falla con relación a BT, cumpliendo así con el tiempo mínimo de despeje de falla entre media y baja tensión.

3.14. Cálculo de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos).

Las tuberías a utilizar en el proyecto eléctrico se escogieron teniendo en cuenta los cables que se seleccionaron de acuerdo con el cálculo de regulación de tensión, se usaron las tablas las siguientes tablas de la NTC 2050 para la selección de ductos:

Tabla 2
Factores de corrección por temperatura NTC 2050 Tabla 310-16

Temperatura ambiente (°C)	75 °C	90 °C
	THW	THW-2, THHN
21 - 25	1,05	1,04
26 - 30	1,00	1,00
31 - 35	0,94	0,96
36 - 40	0,88	0,91
41 - 45	0,82	0,87
46 - 50	0,75	0,82

Tabla 4 (Tabla 310-(15B)(2)(a) NEC 2002)
Factores de ajuste para más de tres conductores transportando corriente en ductos o cables

Número de conductores transportando corriente	Porcentaje del valor dado en la tabla 1 de capacidades de corriente
4 - 6	80
7 - 9	70
10 - 20	50
21 - 30	45
31 - 40	40
41 y más	35

Tabla 3
Número Máximo de Conductores por Ducto (Tabla C11 de NTC 2050)

CALIBRE	1/2 "		3/4 "		1"		1,5"		2"		3"	
	THW o THW-2	THHN	THW o THW-2	THHN	THW o THW-2	THHN	THW o THW-2	THHN	THW o THW-2	THHN	THW o THW-2	THHN
14 AWG	11	16	18	27	31	44						
12 AWG	8	11	14	19	24	32						
10 AWG	6	7	10	12	18	20	38	44				
8 AWG	3	4	6	7	10	12	21	25	33	40		
6 AWG	1	3	3	5	6	8	13	18	20	28	45	64
4 AWG	1	1	2	3	4	5	9	11	15	17	33	39
2 AWG	1	1	1	1	3	3	7	8	11	12	24	28
1 AWG	1	1	1	1	1	2	5	6	7	9	17	21
1/0 AWG	1	1	1	1	1	2	4	5	6	8	14	17
2/0 AWG	0	1	1	1	1	1	3	4	5	6	12	14
3/0 AWG			1	1	1	1	3	3	4	5	10	12
4/0 AWG			1	1	1	1	2	3	4	4	9	10
250 kcmil					1	1	1	2	3	3	7	8
300 kcmil					1	1	1	1	2	3	6	7
350 kcmil					1	1	1	1	2	2	5	6
400 kcmil					1	1	1	1	1	2	5	5
500 kcmil					0	0	1	1	1	1	4	4
750 kcmil					0	0	1	1	1	1	3	3
1000 kcmil					0	0	1	1	1	1	1	2

CENTRO CRECER				
ACOMETIDAS				
MEMORIAS DE CÁLCULO				
CÁLCULOS DE REGULACIÓN EN BT				
Tramo	**Distancia**	**Acometida en**	**% Ocupación**	
	Metros	**AWG**	**Ducto**	**%**
DE TRANSFORMADOR A TAUTGD	50	3X500MCM(F)+ 1X500MCM (N)+ 1x2(T)	CÁRCAMO	N/A
DE TAUTGD A TGD	8	3X500MCM(F)+ 1X500MCM (N)+ 1x2(T)	CÁRCAMO	N/A
DE TRANSFORMADOR A TAUBCI	51	3X1/0(F)+ 1x6(T)	1Ø2"	24,0
DE PLANTA ELÉCTRICA A TPLANTA	12	2X(3X4/0(F)+1X4/0(N)+ 1x2(T))	CÁRCAMO	N/A
DE TPLANTA A TAUTGD	10	3X250MCM(F)+ 1X250MCM (N)+ 1x2(T)	CÁRCAMO	N/A
DE TPLANTA A TAUBCI	21	3X1/0(F)+ 1x6(T)	1Ø2"	24,0
DE TAUBCI A TBCI	6	3X1/0(F)+ 1x6(T)	1Ø2"	24,0
DE TGD A TCOMD	16	3x4(F)+1X4(N)+1X8T)	1-1/4"	25,3
DE TGD A TAULAS	42	3x4(F)+1X4(N)+1X8T)	1-1/4"	25,3
DE TGD A TADM	58	3X1/0(F)+1X1/0(N)+ 1x8(T)	1-1/2"	39,0
DE TADM A TGBYPASSUPS 2	27	2X6(F)+1X4(N)+ 1x10(T)	1"	24,7
DE TGBYPASSUPS2 A TRA	3	2X6(F)+1X4(N)+ 1x10(T)	CÁRCAMO	N/A
DE TGD A TGBYPASSUPS 1	6	2X8(F)+1X6(N)+ 1x10(T)	CÁRCAMO	N/A
DE TGBYPASSUPS1 A TR	6	2X8(F)+1X6(N)+ 1x10(T)	1"	17,5
DE TGD A TASCENSOR	60	3X8(F) +1X10(T)	1-1/4"	17,3
DE TGD A TBOMB	21	3X4(F) + 1X4(N)+1X8(T)	1-1/4"	25,3
DE INVERSOR A TGD	70	3X4(F) + 1X4(N)+1X10(T)	1-1/4"	25,1

Tabla 9: Cálculo de canalizaciones en BT

3.15. Cálculos de pérdidas de energía.

CENTRO CRECER									
ACOMETIDAS									
MEMORIAS DE CÁLCULO									
CÁLCULOS DE PERDIDAS EN BT									
Tramo	**Carga**	**I**	**Proteccion**	**Distancia**	**Momento**	**Acometida en**	**Resistencia Ω**	**Pérdidas**	
	kVA	**Amperios**	**Amperios**	**Metros**	**Kva-m**	**AWG**		**I2XR(W)**	**%**
DE TRANSFORMADOR A TAUTGD	75,0	208,2	3x200	50	3750,00	3X500MCM(F)+ 1X500MCM (N)+ 1x2(T)	0,1706	2994,57	3,99
DE TAUTGD A TGD	75,0	208,2	3x200	8	600,00	3X500MCM(F)+ 1X500MCM (N)+ 1x2(T)	0,1706	479,13	0,64
DE TRANSFORMADOR A TAUBCI	44,0	122,1	N/A	51	2244,00	3X1/0(F)+ 1x6(T)	0,3937	808,69	1,84
DE PLANTA ELÉCTRICA A TPLANTA	125,0	347,0	3x350	12	1500,00	2X(3X4/0(F)+1X4/0(N)+ 1x2(T))	0,1017	793,40	0,63
DE TPLANTA A TAUTGD	75,0	208,2	3x200	10	750,00	3X250MCM(F)+ 1X250MCM (N)+ 1x2(T)	0,1706	399,28	0,53
DE TPLANTA A TAUBCI	44,0	122,1	MAGNÉTICA 3x300A	21	924,00	3X1/0(F)+ 1x6(T)	0,3937	332,99	0,76
DE TAUBCI A TBCI	44,0	122,1	MAGNÉTICA 3x300A	6	264,00	3X1/0(F)+ 1x6(T)	0,3937	95,14	0,22
DE TGD A TCOMD	20,8	57,8	3X60	16	333,02	3x4(F)+1X4(N)+1X8T)	0,6234	89,89	0,43
DE TGD A TAULAS	12,0	33,4	3X50	42	504,74	3x4(F)+1X4(N)+1X8T)	0,6234	78,67	0,65
DE TGD A TADM	18,0	50,1	3X50	58	1045,32	3X1/0(F)+1X1/0(N)+ 1x8(T)	0,3937	154,66	0,86
DE TADM A TGBYPASSUPS 2	6,0	28,8	2X30	27	159,00	2X6(F)+1X4(N)+ 1x10(T)	1,6076	95,71	1,60
DE TGBYPASSUPS2 A TRA	6,0	28,8	2X30	3	18,00	2X6(F)+1X4(N)+ 1x10(T)	1,6076	7,22	0,12
DE TGD A TGBYPASSUPS 1	6,0	28,8	2X30	6	36,00	2X8(F)+1X6(N)+ 1x10(T)	2,5591	23,00	0,38
DE TGBYPASSUPS1 A TR	6,0	28,8	2X30	6	36,00	2X8(F)+1X6(N)+ 1x10(T)	2,5591	23,00	0,38
DE TGD A TASCENSOR	5,0	13,9	3x20	60	300,00	3X8(F) +1X10(T)	2,5591	53,36	1,07
DE TGD A TBOMB	17,8	49,5	3X60	21	373,75	3X4(F) + 1X4(N)+1X8(T)	1,0171	94,05	0,53
DE INVERSOR A TGD	10,8	30,0	3X30	70	756,00	3X4(F) + 1X4(N)+1X10(T)	1,0171	115,44	1,07

Tabla 10: Cálculo de Pérdidas de energía en BT

3.16. Cálculo de regulación, pérdidas, (redes en MT)

CENTRO CRECER
ACOMETIDAS
MEMORIAS DE CÁLCULO
CÁLCULOS DE REGULACIÓN Y PÉRDIDAS EN MT

Tramo	Carga	I	Proteccion	Distancia	Momento	Acometida en	Factor K	Regulación %		Resistencia Ω	Pérdidas		% Ocupación	
	kVA	Amperios	Amperios	Metros	Kva-m	CU		Parcial	Total		I2XR(W)	%	Ducto	%
CANALIZACIONES DE 4Ø6"	75,0	6,6	20,00	35	2625,00	3X2/0 F	0,357	0,02	0,02	0,3281	7,35	0,010	1Ø6"	3,77
CANALIZACIONES DE 6Ø6"	75,0	6,6	20,00	15	1125,00	3X2/0 F	0,357	0,01	0,01	0,3281	2,95	0,004	1Ø6"	3,77

Tabla 11: Cálculo de Regulación y Pérdidas en MT

3.17. Cálculo De Ductos y Equivalencia De Conductores en M.T

CENTRO CRECER
ACOMETIDAS
MEMORIAS DE CÁLCULO
CÁLCULOS DE CANALIZACIONES EN MT

Tramo	Distancia	Acometida en	% Ocupación	
	Metros	CU	Ducto	%
CANALIZACIONES DE 4Ø6"	35	3X2/0 F	1Ø6"	3,77
CANALIZACIONES DE 6Ø6"	15	3X2/0 F	1Ø6"	3,77

Tabla 12: Cálculo de ductos en MT

3.18. Cálculos de regulación.

CENTRO CRECER
ACOMETIDAS
MEMORIAS DE CÁLCULO
CÁLCULOS DE REGULACIÓN EN BT

Tramo	Carga	I	Proteccion	Distancia	Momento	Acometida en	Factor K	Regulación %	
	kVA	Amperios	Amperios	Metros	Kva-m	AWG		Parcial	Total
DE TRANSFORMADOR A TAUTGD	75,0	208,2	3x200	50	3750,00	3X500MCM(F)+ 1X500MCM (N)+ 1x2(T)	0,135	1,09	1,09
DE TAUTGD A TGD	75,0	208,2	3x200	8	600,00	3X500MCM(F)+ 1X500MCM (N)+ 1x2(T)	0,135	0,19	1,28
DE TRANSFORMADOR A TAUBCI	44,0	122,1	N/A	51	2244,00	3X1/0(F)+ 1x6(T)	0,411	2,13	2,13
DE PLANTA ELÉCTRICA A TPLANTA	125,0	347,0	3x350	12	1500,00	2X(3X4/0(F)+1X4/0(N)+ 1x2(T))	0,244	0,42	0,42
DE TPLANTA A TAUTGD	75,0	208,2	3x200	10	750,00	3X250MCM(F)+ 1X250MCM (N)+ 1x2(T)	0,216	0,37	0,80
DE TPLANTA A TAUBCI	44,0	122,1	MAGNÉTICA 3x300A	21	924,00	3X1/0(F)+ 1x6(T)	0,411	0,88	1,30
DE TAUBCI A TBCI	44,0	122,1	MAGNÉTICA 3x300A	6	264,00	3X1/0(F)+ 1x6(T)	0,411	0,25	1,97
DE TGD A TCOMD	20,8	57,8	3X60	16	333,02	3x4(F)+1X4(N)+1X8T)	0,984	0,76	2,03
DE TGD A TAULAS	12,0	33,4	3X50	42	504,74	3x4(F)+1X4(N)+1X8T)	0,984	1,15	2,43
DE TGD A TADM	18,0	50,1	3X50	58	1045,32	3X1/0(F)+1X1/0(N)+ 1x8(T)	0,417	1,01	2,29
DE TADM A TGBYPASSUPS 2	6,0	28,8	2X30	27	159,00	2X6(F)+1X4(N)+ 1x10(T)	1,52	1,12	3,40
DE TGBYPASSUPS2 A TRA	6,0	28,8	2X30	3	18,00	2X6(F)+1X4(N)+ 1x10(T)	1,52	0,13	3,53
DE TGD A TGBYPASSUPS 1	6,0	28,8	2X30	6	36,00	2X8(F)+1X6(N)+ 1x10(T)	2,38	0,69	1,96
DE TGBYPASSUPS1 A TR	6,0	28,8	2X30	6	36,00	2X8(F)+1X6(N)+ 1x10(T)	2,38	0,69	2,65
DE TGD A TASCENSOR	5,0	13,9	3x20	60	300,00	3X8(F) +1X10(T)	2,38	1,65	2,93
DE TGD A TBOMB	17,8	49,5	3X60	21	373,75	3X4(F) + 1X4(N)+1X8(T)	0,947	0,82	1,91
DE INVERSOR A TGD	10,8	30,0	3X30	70	756,00	3X4(F) + 1X4(N)+1X10(T)	0,984	1,72	1,66

Tabla 13: Cálculos de regulación en BT

3.19. Clasificación de áreas.

Las áreas pertenecientes a este proyecto no tienen presencia de gases o polvos inflamables por lo que se estima que la clasificación de áreas no aplica en el presente proyecto.

3.20. Establecer las distancias de seguridad requeridas.

En cumplimiento con las distancias mínimas para trabajos en o cerca de partes energizadas establecidas en la tabla 13.7 del RETIE y considerando que la instalación del transformador en la sub estación se realiza en media tensión (11,4kV) se establecen las distancias de seguridad mostradas en la tabla 15, los equipos a instalar en los sitios de trabajo requieren alimentación en baja tensión (120/208V), se tienen zonas de tableros dedicadas a este fin, con área de trabajo libre frente a los tableros eléctricos superiores a 90cm.

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		
50 V – 300 V	3	1	Evitar contacto	Evitar contacto
751 V – 15 kV	3	1,5	0,7	0,2

Tabla 14: Distancias mínimas para trabajos en o cerca de partes energizadas

A menos que se indique lo contrario, todas las distancias de seguridad deben ser medidas de superficie a superficie. Para la medición de distancias de seguridad, los accesorios metálicos normalmente energizados serán considerados como parte de los conductores de línea y las bases metálicas de los terminales del cable o los dispositivos similares, deben ser tomados como parte de la estructura de soporte.

Para mayor claridad se deben tener en cuenta las notas explicativas, las figuras y las tablas aquí establecidas.

Nota 1: Las distancias de seguridad establecidas en las siguientes tablas, aplican a conductores desnudos.

Nota 2: En el caso de tensiones mayores a 57,5 kV entre fases, las distancias de aislamiento eléctrico especificadas en las tablas se incrementarán en un 3% por cada 300 m que sobrepasen los 1000 metros sobre el nivel del mar.

Nota 3: Las distancias verticales se toman siempre desde el punto energizado más cercano al lugar de posible contacto.

Nota 4: La distancia horizontal “b” se toma desde la parte energizada más cercana al sitio de posible contacto, es decir, trazando un círculo desde la parte energizada, teniendo en cuenta la posibilidad

real de expansión vertical que tenga la edificación y que en ningún momento la red quede encima de la construcción.

Nota 5: Si se tiene una instalación con una tensión diferente a las contempladas en el presente reglamento, debe cumplirse el requisito exigido para la tensión inmediatamente superior.

Nota 6: Cuando los edificios, chimeneas, antenas o tanques u otras instalaciones elevadas no requieran algún tipo de mantenimiento, como pintura, limpieza, cambio de partes o trabajo de personas cerca de los conductores; la distancia horizontal “b”, se podrá reducir en 0, 6 m.

Nota 7: Un techo, balcón o área es considerado fácilmente accesible para los peatones si éste puede ser alcanzado de manera casual a través de una puerta, rampa, ventana, escalera o una escalera a mano permanentemente utilizada por una persona, a pie, alguien que no despliega ningún esfuerzo físico extraordinario ni emplea ningún instrumento o dispositivo especial para tener acceso a éstos. No se considera un medio de acceso a una escalera permanentemente utilizada si es que su peldaño más bajo mide 2,45 m o más desde el nivel del piso u otra superficie accesible fija.

Nota 8: Si se tiene un tendido aéreo con cable aislado y con pantalla no se aplican estas distancias; tampoco se aplica para conductores aislados para baja tensión.

Nota 9: En techos metálicos cercanos o en casos de redes de conducción que van paralelas o que cruzan las líneas de media, alta y extra alta tensión, se debe verificar que las tensiones inducidas no generen peligro o no afecten el funcionamiento de otras redes.

Nota 10: Donde el espacio disponible no permita cumplir las distancias horizontales de la Tabla 13.1 para redes de media tensión, tales como edificaciones con fachadas o terrazas cercanas, la separación se puede reducir hasta en un 30%, siempre y cuando, los conductores, empalmes y herrajes tengan una cubierta que proporcione suficiente rigidez dieléctrica para limitar la probabilidad de falla a tierra, tal como la de los cables cubiertos con tres capas para red compacta. Adicionalmente, deben tener espaciadores y una señalización que indique que es cable no aislado. En zonas arborizadas urbanas se recomienda usar esta tecnología para disminuir las podas.

Nota11: En general los conductores de la línea de mayor tensión deben estar a mayor altura que los de la de menor tensión.

Las distancias mínimas de seguridad que deben guardar las partes energizadas respecto de las construcciones, son las establecidas en la Tabla 13.1 del presente reglamento y para su interpretación se debe tener en cuenta la Figura 13.1 (las cuales se muestran a continuación).

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

Tabla 13.1 **distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones**

Igualmente, en instalaciones construidas bajo criterio de la norma **IEC 60364**, para tensiones mayores de **1 kV**, se deben tener en cuenta y aplicar las distancias de la **IEC 61936 -1**.

Únicamente se permite el paso de conductores por encima de construcciones (distancia vertical "**a**") cuando el tenedor de la instalación eléctrica tenga absoluto control, tanto de la instalación eléctrica como de las modificaciones de la edificación o estructura de la planta. Entendido esto como la administración, operación y mantenimiento, tanto de la edificación como de la instalación eléctrica.

En ningún caso se permitirá el paso de conductores de redes o líneas del servicio público, por encima de edificaciones donde se tenga presencia de personas.

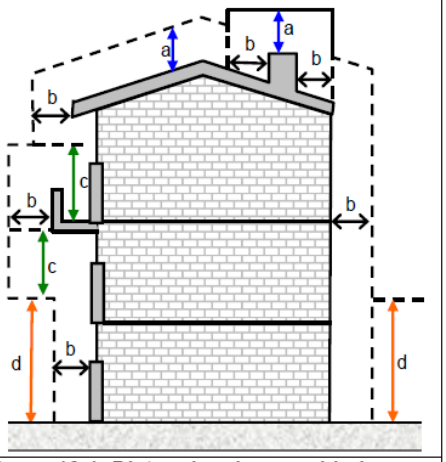


Figura 13.1. Distancias de seguridad en zonas con construcciones

Nota: *En redes públicas o de uso general no se permite la construcción de edificaciones debajo de los conductores; en caso de presentarse tal situación el OR solicitará a las autoridades competentes tomar las medidas pertinentes. Tampoco será permitida la construcción de redes para uso público por encima de las edificaciones.*

3.21. Características el equipo de medida CTs – modo de conexión –clase de acuerdo al código de medida vigente previsto por la CREG.

El sistema de medición se instalará siguiendo la norma CODENSA, correspondiente a un sistema de medición indirecta en baja tensión (11,4kV), con elementos de medición en armario AE319.

La medición y el registro de la energía se realizará a través de un Medidor trifásico electrónico Multifuncional (energía activa y reactiva) para medición indirecta, corriente de 5A y clase 0.5s, según norma AE417-1.

Para la selección de los transformadores de corriente de baja tensión a utilizar en el sistema de medición, se utilizará el que se ajuste mejor a la corriente nominal del transformador de potencia que es de 208,33 A, de acuerdo a la norma ET924 de CODENSA se requiere:

3 Transformadores de Corriente 200/5 A, tipo buje interior, tensión de servicio 120/208, para instalación interior, clase 0,5s.

3.22. Cálculos de Barrajes de Tableros.

Se presenta a continuación la Norma de CODENSA AE 309, para seleccionar las dimensiones correctas de los barrajes de BT en el TGD, entre otros:

ANCHO X ESPESOR	ÁREA mm^2	PESO kg/m	CORRIENTE ALTERNA 60Hz BARRAS PINTADA		CARACTERISTICAS DEL ELEMENTO			
			1 I	2 II	I_X cm^4	W_X cm^3	I_Y cm^4	W_Y cm^3
12 x 2	24	0,21	165	297	0,0288	0,048	0,0008	0,008
15 x 2	30	0,27	204	356	0,0562	0,075	0,0010	0,010
15 x 3	45	0,40	244	435	0,084	0,112	0,0030	0,022
20 x 2	40	0,35	230	462	0,133	0,133	0,0013	0,0133
20 x 3	60	0,54	323	561	0,200	0,200	0,0045	0,030
20 x 5	100	0,89	429	739	0,333	0,333	0,208	0,083
25 x 3	75	0,57	496	686	0,390	0,312	0,005	0,037
25 x 5	125	1,11	521	884	0,651	0,521	0,026	0,104
30 x 3	90	0,8	468	805	0,675	0,450	0,007	0,045
30 x 5	150	1,34	594	1029	1,125	0,750	0,031	0,125
40 x 3	120	1,07	607	1042	1,600	0,800	0,009	0,060
40 x 5	200	1,78	792	1320	2,666	1,333	0,042	0,166
40 x 10	400	3,56	1122	1980	5,333	2,666	0,333	0,666
50 x 5	250	2,25	950	1610	5,200	2,080	0,052	0,208
50 x 10	500	4,45	1359	2376	10,400	4,160	0,416	0,833
60 x 5	300	2,67	1122	1887	9,000	3,000	0,063	0,250
60 x 10	600	5,34	1584	2772	18,000	6,000	0,500	1,000
80 x 5	400	3,56	1412	2508	21,330	5,333	0,0833	0,333
80 x 10	800	7,12	2059	3300	42,600	10,660	0,666	1,333
100 x 5	500	4,45	1782	3036	41,660	8,333	0,104	0,4165
100 x 10	1000	8,90	2481	4092	83,300	16,660	0,833	1,666
120 x 10	1200	10,68	2904	4620	144,00	24,000	1,000	2,000
160 x 10	1600	14,24	3696	5808	340,80	42,640	1,333	2,666
200 x 10	2000	17,80	4422	6996	666,40	66,640	1,666	3,352

Carga del Tablero General de Distribución	=	75	kVA
Corriente Tablero General de Distribución	=	208,33	A
Corriente de protección al 125% Tablero General de Distribución	=	260,4	A

Corriente de corto circuito Tablero General de Distribución = 3,4 kA

Para el dimensionamiento de los barrajes del Tablero General de Distribución usaremos las Normas NTC 3444 y CODENSA AE-309, donde:

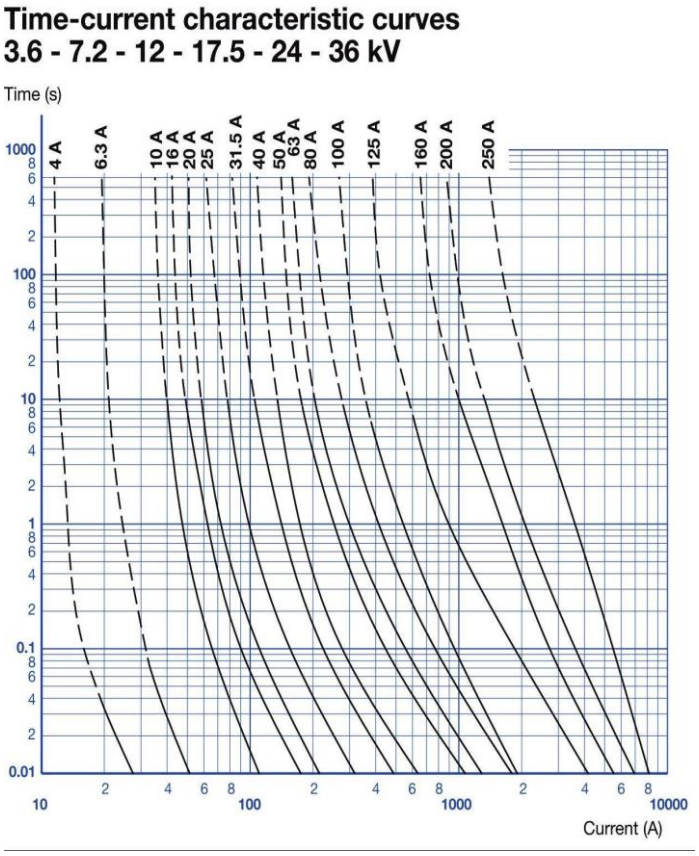
Barraje TGD		Barraje	In Barras (A)
Carga	75 kVA		
In (A)	208,333333		
Fase (Inx1,5)	312,5	20x3	323
Neutro (Inx1,5x0,75)	234,375	15x3	244
Tierra (≥200A)	200	15x2	204

Para el dimensionamiento de los barrajes del Tablero de la Planta Eléctrica usaremos las Normas NTC 3444 y CODENSA AE-309, donde:

Barraje TPLANTA		Barraje	In Barras (A)
Carga	125 kVA		
In (A)	347,222222		
Fase (Inx1,5)	520,833333	25x5	521
Neutro (Inx1,5x0,75)	390,625	20x5	429
Tierra (≥200A)	200	15x2	204

1.0. ANEXOS

1.1. CURVA HH



AGUSTÍN E. PIEDRA S.
C.C.: 1032385539
M.P.: CN205-69001