DISEÑO DEL PROYECTO
PARQUE ARQUEOLÓGICO HACIENDA EL CARMEN

PROYECTISTA

CARLOS CÁRDENAS GUERRA
Ing. Electricista - M.P. BL 205-32326
Correo: carlos.cardenas@orbitaingenieros.co

ORBITA
Ingenieros

Bogotá, Colombia
FECHA 09-05-2025

1553

MODIFICACIONES RESPECTO A LA EDICIÓN ANTERIOR

Edición	Modificación	fecha
V1R2	Ajuste ubicación tableros eléctricos	25/02/2023
V1R3	Ajuste senderos y cambios arquitectónicos	25/07/2024
V1R4	Ajuste según observaciones de interventoría del proyecto (Ref. MBR-P143-C02)	09/05/2025

Siglas de Responsables y Fechas de las Ediciones					
Edición	**Objeto e Ed.**	**Elaborado por:**	**Fecha Elb.**	**Revisó:**	**Fecha Rev.**
V1R1	Informe RETIE Parque arqueológico Hacienda El Carmen	C. Cárdenas G.	18/01/2023		
V1R2	Ajuste ubicacióntableros eléctricos	C. Cárdenas G.	25/02/2023		
V1R3	Ajustes arquitectónicos	C. Cárdenas G.	25/07/2024		
V1R4	Observaciones interventoría	C. Cárdenas G.	09/05/2025		

Elaborado Por: Carlos Arturo Cárdenas Guerra	**Revisado Por:**
M.P.: BL 205-32326	**M.P.:**

1554

Contenido

1. Memoria 5

1.1. Memoria descriptiva 5
1.1.1. Criterios y normativa aplicable 5
1.1.2. Peticionario y Objeto 5
1.1.3. Emplazamiento 6
1.1.4. Descripción de la instalación 7
1.1.4.1. Circuito(s) Origen de MT 7
1.1.4.2. Instalación de MT 7
1.1.4.3. Instalación de BT 7
1.1.4.4. Equipos de medida 8

1.2. Cálculos justificativos 9
1.2.1. Cálculos Eléctricos: Regulación y Capacidad 9
1.2.1.1. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos. 9
1.2.1.2. Análisis de nivel de tensión requerido 11
1.2.1.3. Cálculo de regulación MT y BT 12
1.2.1.4. Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga 12
1.2.1.5. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía 13
1.2.1.6. Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc. 16
1.2.1.7. Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia. 16
1.2.2 Cálculos Eléctricos: Cortocircuito, Protecciones y PT. 17
1.2.2.1 Análisis de cortocircuito y falla a tierra 17
1.2.2.2 Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A. 17
1.2.2.3 Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la norma IEC 60909, IEEE 242, capítulo 9 o equivalente 18
1.2.2.4 Cálculo de puesta a tierra y estudio de resistividad. 18
1.2.3 Cálculos Eléctricos: Aislamiento, y protección contra Rayos, Riesgo eléctrico. 19
1.2.3.1 Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico 19
1.2.3.2 Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos 19
1.2.3.3 Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos 23
1.2.3.4 Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que, en espacios

1555

destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la Tabla 14.1 del RETIE. 35
1.2.3.5 Clasificación de áreas. 35
1.2.3.6 Establecer distancias de seguridad requeridas 35
1.2.3.7 Justificación técnica de desviación de la NTC2050 cuando sea permitido, siempre y cuando y no comprometa la seguridad de las personas o de su instalación. 35
1.2.3.8 Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas. 36
1.2.3.9 Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares. 37
1.2.4 Cálculos mecánicos. 37

2 PLANOS 37

3 ANEXOS 37

1556

1. Memoria

1.1. Memoria descriptiva

Con este proyecto se pretende desarrollar el diseño eléctrico para el Parque arqueológico Hacienda El Carmen Ubicado en la localidad de Usme ciudad de Bogotá, departamento de Cundinamarca.
Se proyectan las redes eléctricas en baja y media tensión necesarias para el suministro de energía eléctrica para el Parque arqueológico Hacienda El Carmen.

NOMBRE DEL PROYECTO:	Parque arqueológico Hacienda El Carmen
DIRECCIÓN DEL PROYECTO:	Calle 134 sur #2C-20
MUNICIPIO/DEPARTAMENTO:	Localidad Usme - Bogotá/Cundinamarca
PROPIETARIO:	Instituto distrital de patrimonio cultural
REPRESENTANTE LEGAL:	Patrick Morales Thomas
NIT:	cc. 79592688
TELEFONO:	(571) 3795950
TIPO DE SERVICIO:	Comercial
ESTRATO:	No aplica
OBJETO DEL PROYECTO:	Subestación eléctrica
VOLTAJE PRIMARIO:	11400V
VOLTAJE SECUNDARIO:	208/120V

1.1.1. Criterios y normativa aplicable

El presente proyecto se ajusta a lo solicitado por el RETIE y lo especificado en los proyectos tipo serie 3 de ENEL-codensa

- Reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE resolución No. 9-0708 de agosto 30 de 2013
- Norma Técnica Colombiana NTC 2050
- Resolución 070 de la CREG
- Resolución 038 de la CREG
- Ley 142 de servicios públicos domiciliarios
- Criterios de diseño del ingeniero a cargo del proyecto

1.1.2. Peticionario y Objeto

Cliente/Dueño del proyecto:

Promotor del proyecto:

Nombre:	INSTITUTO DISTRITAL DE PATRIMONIO CULTURAL
Cédula/NIT:	Patrick Morales Thomas - cc. 79592688
Correo electrónico:	atencionciudadania@idpc.gov.co
Teléfono fijo/celular:	(601)3550800 Cl. 12b # 2-58, Bogotá

1557

Diseñador del proyecto:

Nombre:	Carlos Cárdenas Guerra
Cédula/NIT:	CC. 92521126
Correo electrónico:	carlos.cardenas@orbitaingenieros.co
Teléfono fijo/celular:	3008768521

El objeto del presente documento es la obtención de las autorizaciones administrativas de la conexión del proyecto eléctrico a la red operada por ENEL- CODENSA.

1.1.3. Emplazamiento

En la actualidad, la zona de protección donde se proyecta el desarrollo del Parque arqueológico de Usme corresponde a un área de terreno conformada por tres (3) predios.

	Predio 1	**Predio 2**	**Predio 3**
Dirección	Calle 134 sur 2C 20	Calle 134 sur 2C 20 INT.1	Calle 134 sur 2C 20 INT.2
CHIP	AAAOI90YXJZ	AAAOI90YXKC	AAAOI90YXHK
Matrícula inmobiliaria	50S-40426833	50S-40426834	50S-40426835
Área	107.806.70m2	99.977.60m2	85.055.10m2

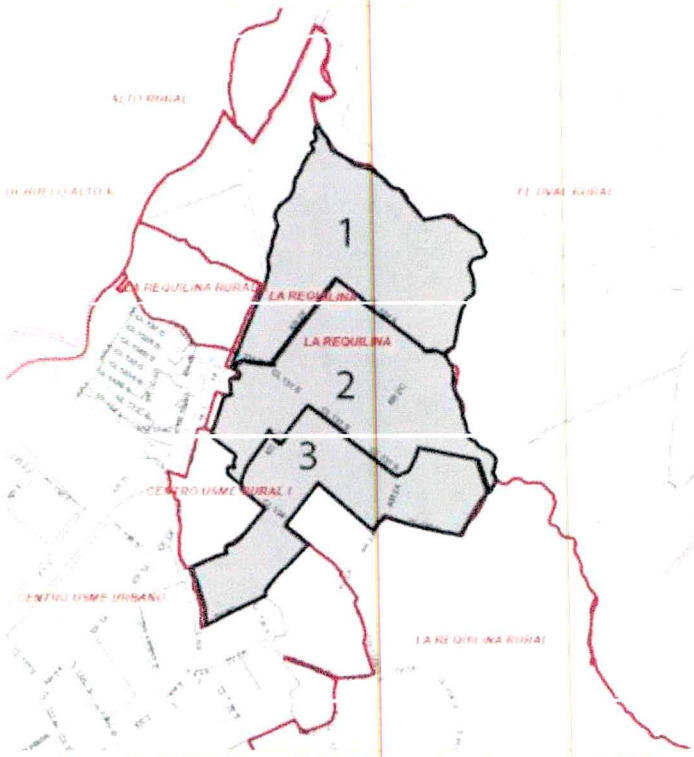


Ilustración 1. División predial del Parque. Fuente: consultoría NVP.

1558

1.1.4. Descripción de la instalación

1.1.4.1. Circuito(s) Origen de MT

El proyecto parque arqueológico Hacienda el Carmen se alimentará desde la red aérea de 11400V desde la subestación S3120 en el punto físico PFILEGIBLE_1 en la Carrera 14 con calle 133 Sur, coordenadas N: 4.477, W:74.12224. según lo planteado en la factibilidad No 1500232107 proporcionada por ENEL Codensa. Desde el punto de conexión se realiza el bajante en tubería IMC ø6" (según norma LA228) a caja CS276 en el costado oriental de la carrera 14, la red avanza por el andén hasta el acceso de taquilla 1 del parque arqueológico en 6ø6" PVC.

En este acceso la red hace una transición subterránea aérea para sobreponerse al puente de acceso y luego al entrar al predio en 4ø6" PVC para seguir por la calzada vehicular hasta la subestación ubicada en la taquilla 1 para entrar a las celdas de media tensión.

En la subestación se cuenta con cuatro celdas de media tensión (entrada, salida etapa 2, salida libre y protección), cabe aclarar que la celda de salida etapa 2 se deja como reserva para la conexión de la subestación proyectada en el centro de interpretación 2.

1.1.4.2. Instalación de MT

El punto de conexión del servicio está definido en MT A 11.4 kV a tres hilos en red subterránea 3#185 mm² AWG XLPE Al 15 kV, desde el punto de conexión llega a la celda MT en el cuarto de la subestación eléctrica tipo interior ubicada en la taquilla 1. ***Se debe validar condiciones del servicio una vez se tenga licencia de construcción y se pueda actualizar factibilidad.***

1.1.4.3. Instalación de BT

La acometida de BT general proviene desde bornes del transformador 150 kVA hasta el tablero general de baja tensión TGBT, para esto se plantea una acometida desde bornes del transformador de 3X(3X500+1X500(N)) Al THWN +1X1/0(T) Cu-THWN, este tablero se encuentra en el área técnica de la taquilla 1.

Desde el TGBT se sirven los alimentadores para la taquilla 1, cuarto de bombas y el tablero general de taquilla 2 (TG-TQ2), adicionalmente, se dejan reservas equipadas para el centro de interpretación-museo y centro de intercambio campesino, equipamientos a construir en etapas posteriores.

Cabe anotar que la instalación eléctrica dispone de red contra incendios, sin embargo, la alimentación de esta se contempla tipo Diesel, por lo que no entra a considerarse dentro de la instalación eléctrica.

A continuación, se muestran especificaciones técnicas del transformador dispuesto:

DESCRIPCION	UNIDADES	SUBESTACIÓN ELÉCTRICA
Potencia	**kVA**	**150**
Aislante		**Aire**
Tensiones	**Vp**	11400 V
	Vs	208/120 V
Tipo de transformador	Tipo seco	
Grupo de conexión		DYN5
Bil	**kV**	95
Uz	**%**	6%

1.1.4.4. Equipos de medida

Para este se instalará un equipo de medida semidirecta, de dimensiones acordes con la norma AE319 de ENEL-Codensa, el cual cuenta con las siguientes características:

Se debe validar condiciones del servicio una vez se tenga licencia de construcción y se pueda actualizar factibilidad.

DESCRIPCION	VALOR
Corriente nominal	5 A
Corriente máxima	6 – 10A
Frecuencia nominal	60 Hz
Tensión nominal	208/120V
Esquema de conexión	AE 417
Clase	0.5S
Medición	Energía activa
	Energía reactiva
	Perfil de carga

Instalación transformador de corriente

DESCRIPCION	VALOR
Corriente primario	500A
Corriente secundaria nominal	5A
Frecuencia nominal	60 Hz
Tensión nominal	600V
Corriente térmica (Ith)	80 In
Corriente dinámica (Id)	200 In
Clase	0.5S
Factor de seguridad	<=5
Tipo	Barra pasante

1760

1.2. Cálculos justificativos

1.2.1. Cálculos Eléctricos: Regulación y Capacidad

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

TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TAQUILLA 1

Distribución de circuitos por carga para TAQUILLA 1 - TQ1

TABLERO	LAMPARA DE DESCOLGAR 34,6W	LUMINARIA SPOT ILUMINACIÓN MUROS	LUMINARIA TIPO TORTUGA P27479	SALIDA CINTA LED	LUMINARIA HERMETICA 36W P25608	LUMINARIA EMERGENC R1	BALA DE INCRUSTAR EI PISO 3W P23601	PANEL LED 18W	LAMPARA DE DESCOLGAR ARES 20W	LAMPARA MINI TITANIA 15W	TOMACORRIENTE NORMAL	TOMACORRIENTE GFE	TOMACORRIENTE NORMAL-PISO	maq expendedora	TOMACORRIENTE REGULADO	SECADOR DE MANOS	CARGA INSTALADA (W) A	B	C	CARGA TOTAL (W)	F.P	TOTAL (VA)	I (A)	Cond Calib	Protec	Observaciones
CTO	34,6	20,5	12,0	43,2	36,0	3,0	3,0	18,0	20,0	15,0	162,0	162,0	162,0	900,0	162,0	900,0										
1											5						810			810	0,9	900,0	7,50	12	1x20	Tomacorrientes seguridad, almacen y a técnica
3																1		900		900	0,9	1000,0	8,33	12	1x20	Secador de manos baño hombres
5																1			900	900	0,9	1000,0	8,33	12	1x20	Secador de manos baño mujeres
7											1	2					486			486	0,9	540,0	4,50	12	1x20	Tomacorrientes baño hombres, mujeres y A. técnica
9											1	1	4					972		972	0,9	1080,0	9,00	12	1x20	Tomacorrientes recepción y primeros auxilios
11															8				1296	1.296	0,9	1440,0	12,00	12	1x20	Tablero Tomacorrientes Regulados - TR1
2	6	21			1	10			4								784,52			785	0,9	871,7	7,26	12	1x20	Iluminación pasillo principal + ilu emergencia
4					5	3				2								219		219	0,9	243,3	2,03	12	1x20	Iluminación seguridad, almacen y A. técnica
6											1			2					1962	1.962	0,9	2180,0	18,17	10	1x30	neveras y primeros auxilios
8						4		18									336			336	0,9	373,3	3,11	12	1x20	Iluminación baños
10			8	10			81											771		771	0,9	856,7	7,14	12	1x20	Iluminación cuarto de bombas y balas de piso
12																										
TOTAL	6	21	8	10	6	17	81	18	4	2	8	3	4	2	8	2	2417	2862	4158	9437	0,9	10485	29,14			Ver protección y calibre en unifilar

Distribución de circuitos por carga para T. Tomacorrientes Regulados TAQUILLA 1 - TR1

TABLERO	TOMACORRIENTE REGULADO	CARGA INSTALADA (W) C	CARGA TOTAL (W)	F.P	TOTAL (VA)	I (A)	Cond Calib	Protec	Observaciones
CTO	162,0								
1	7	1134	1.134	0,9	1260,0	10,50	12	1x20	Tomacorrientes regulados
3									
2	1	162	162	0,9	180,0	1,50	12	1x20	taquilla
4									
TOTAL	8	1296	1296	0,9	1440	12			Ver protección y calibre en unifilar

TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TAQUILLA 2

Distribución de circuitos por carga para T. Tomacorrientes Regulados TAQUILLA 2 - TR2

TABLERO	TOMACORRIENTE REGULADO	CARGA INSTALADA (W) C	CARGA TOTAL (W)	F.P	TOTAL (VA)	I (A)	Cond Calib	Protec	Observaciones
CTO	162,0								
1	7	1134	1.134	0,9	1260,0	10,50	12	1x20	Tomacorrientes regulados
3									
2									
4									
TOTAL	7	1134	1134	0,9	1260	11			Ver protección y calibre en unifilar

1561

Distribución de circuitos por carga para TAQUILLA 2 - TQ2

TABLERO	LAMPARA DE DESCOLGAR 34,6W	LUMINARIA SPOT ILUMINACIÓN MUROS	LUMINARIA TIPO TORTUGA P27479	SALIDA CINTA LED	LUMINARIA HERMETICA 36W P25608	LUMINARIA EMERGENCIA R1	BALA DE INCRUSTAR EN PISO 3W P23601	PANEL LED 18W	LAMPARA DE DESCOLGAR ARES 20W	LAMPARA MINI TITANIA 15W	TOMACORRIENTE NORMAL	TOMACORRIENTE GFCI	TOMACORRIENTE NORMAL-PISO	TOMACORRIENTE REGULADO	TOMACORRIENTE REGULADO-PISO	SECADOR DE MANOS	CARGA INSTALADA (W)			CARGA TOTAL (W)	F.P	TOTAL (VA)	I (A)	Cond Calib	Protec	Observaciones
																	A	B	C							
CTO	34,6	20,5	12,0	43,2	36,0	3,0	3,0	18,0	20,0	15,0	162,0	162,0	162,0	162,0	162,0	900,0										
1											5						810			810,0	0,9	900,00	7,50	12	1x20	Tomacorrientes seguridad, almacen y a técnica
3											2	1						486		486,0	0,9	540,00	4,50	12	1x20	Tomacorrientes primeros auxilios
5											1		5						972	972,0	0,9	1080,00	5,19	12	1x20	Tomacorrientes recepción
7																1	900			900,0	0,9	1000,00	4,81	12	1x20	Secador baños hombres
9											1	1						324		324,0	0,9	360,00	3,00	12	1x20	Tomacorrientes cocina
11																1			900	900,0	0,9	1000,00	4,81	12	1x20	Secador baños mujeres
13																										
15	3	15	2	2	4	7	40	0	0	8	16	0	2	14	2	0	927	2916	2592	6.435,0	0,9	7150	20		20	T-TSI
17																										
2	5	34				7			4								971,68			971,7	0,9	1079,6	9,00	12	1x20	Iluminación pasillo principal + ilu emergencia
4					4	3				2								183		183,0	0,9	203,3	1,69	12	1x20	Iluminación seguridad, almacen y A. técnica
6									7										140	140,0	0,9	155,6	1,30	12	1x20	Iluminación primeros auxilios y cocina
8	3	1				2		15									400,32			400,3	0,9	444,8	3,71	12	1x20	Iluminación baños
10				11			67											676,2		676,2	0,9	751,3	6,26	12	1x20	Iluminación balas en piso
12														7					1134	1.134,0	0,9	1260,0	10,50	12	1x20	Tablero Tomacorrientes regulados - TR2
14							67										201			201,0	0,9	223,3	1,86	12	1x20	Iluminación balas en piso
16																										
18																										
TOTAL	11	50	2	13	8	19	174	15	11	10	25	2	7	21	2	2	4210	4585	5738	14533	0,9	16148	44,8			Ver protección y calibre en unifilar

TABLERO DE DISTRIBUCIÓN SALA DE INTRODUCCIÓN

Distribución de circuitos por carga para SALA INTRODUCCIÓN - TSI

TABLERO	LAMPARA DE DESCOLGAR 34,6W	LUMINARIA SPOT ILUMINACIÓ MUROS 22,8W ST210	LUMINARIA TIPO TORTUGA P27479	SALIDA CINTA LED	LUMINARIA HERMETICA 36W P25608	LUMINARIA EMERGENCIA R1	BALA DE INCRUSTAR EN PISO 3W P23601	LAMPARA MINI TITANIA 15W	TOMACORRIENTE NORMAL	TOMACORRIENTE NORMAL-PI	TOMACORRIENTE REGULADO	TOMACORRIENTE REGULADO PISO	CARGA INSTALADA (W)			CARGA TOTAL (W)	F.P	TOTAL (VA)	I (A)	Cond Calib	Protec	Observaciones
													A	B	C							
CTO	34,6	20,5	12,0	43,2	36,0	3,0	3,0	15,0	162,0	162,0	162,0	162,0										
1	3	15			4	7		8					696,6			697	0,9	774,0	6,45	12	1x20	Iluminación Interior
3									8	2				1620		1.620	0,9	1800,0	15,00	12	1x20	Tomacorrientes
5											14	2			2592	2.592	0,9	2.880	13,85	10	1x20	Tablero Tomacorrientes regulados - TR3
7																						
9																						
11																						
2			2	2			40						230,4			230	0,9	256,0	2,13	12	1x20	Iluminación Exterior
4									8					1296		1.296	0,9	1440,0	12,00	12	1x20	Tomacorrientes
6																						
8																						
10																						
12																						
TOTAL	3	15	2	2	4	7	40	8	16	2	14	2	927	2916	2592	6435	0,9	7150	19,87		20	Ver protección y calibre en unifilar

Distribución de circuitos por carga para cargas reguladas SALA INTRODUCCIÓN - TR3

TABLERO	TOMACORRIENTE REGULADO	TOMACORRIENTE REGULADO-PISO	CARGA INSTALADA (W)	CARGA TOTAL (W)	F.P	TOTAL (VA)	I (A)	Cond Calib	Protec	Observaciones
			C							
CTO	162,0	162,0								
1	6	2	1296	1.296	0,9	1440,0	12,00	12	1x20	Tomacorrientes regulados
3										
2	8		1296	1.296	0,9	1440,0	12,00	12	1x20	Tomacorrientes regulados
4										
TOTAL	14	2	2592	2592	0,9	2880				Ver protección y calibre en unifilar

1562

CARGA DE BOMBAS

La información de equipo de bombeo es que será una carga de 16 HP.
Con este dato se selecciona el alimentador hasta el tablero (NTC 2050 Art. 430.22)y la protección (NTC 2050 Art.430.62). No se cuenta con valores detallados del equipo.

TABLERO DE DISTRIBUCIÓN T-CONTROL

Distribución de circuitos por carga TABLERO CONTROL													
TABLERO	LUMINARIA REFLECTO EXTERIOR	BALA DE INCRUSTAR EN PISO	SALIDA CINTA LED	CARGA INSTALADA (W)		CARGA TOTAL (W)	F.P	TOTAL (VA)	I (A)	Cond Calib	Protec	Observaciones
				A	B							
CTO	30,0	3,0	43,2									
1												
3	4	36	9		616,8	617	0,9	685,3	5,71	12	1x20	Iluminación Parque
5												
7												
2												
4												
6												
8												
TOTAL	4	36	9	0	617	617	0,9	685	1,9			Ver protección y calibre en unifilar

1.2.1.2. Análisis de nivel de tensión requerido

Es una instalación para uso comercial normalizado a 208V-120V, sistema trifásico. La distribución deMedia Tensión en el sector y según factibilidad es 11.4KV.
En toda Colombia los Agentes del Sistema Interconectado Nacional, utilizan principal y fundamentalmente como tensión para distribución y/o para servir a los usuarios finales.

Nivel	Tensión
I	120/208 V
II	11.4 kV

Redes de media tensión

A continuación, se presenta la información del nivel de MT. *Por validar condiciones de servicio cuando se tenga licencia de construcción

NIVEL DE TENSIÓN SUMINISTRO	Urbana 11.4 kV trifásica
CD	S3120
PF	PFILEGIBLE_1
CAPACIDAD POR INSTALAR	150

Redes de baja tensión

Se requieren equipos con una configuración de red eléctrica trifásica tetrafilar (3F+1N+1T) a un nivel detensión de servicio 208-120V.

1563

1.2.1.3. Cálculo de regulación MT y BT

REGULACIÓN EN MT

PROYECTO PARQUE ARQUEOLOGICO HACIENDA EL CARMEN							Tipo de Subestación:		Trifásica				V (F-N)	6582
													V (F-F)	11400
DESCRIPCION	LONG (m)	D. MAX (kVA)	F.P.	FASES	In (A)	MOMENTO (kVA*m)	CONDUCTOR						REGULACIÓN (%)			
							MATERIAL	DUCTO	CALIBRE	CANT	R	X	Sen ϕ	FC	PARCIAL	ACUM.
PCC A Celda de entrada	360	150,0	0,90	3	7,60	54000,0	Al-XLPE	PVC	4/0	1	0,54	0,15	0,436	1	0,0229	0,0229

REGULACIÓN EN BT

PROYECTO PARQUE ARQUEOLOGICO HACIENDA EL CARMEN											Tipo de Subestación:							Trifásica			V (F-N)	120
																					V (F-F)	208
DESCRIPCION		LONG (M)	D. MAX (kVA)	F.P.	FASES	In (A)	Verificación corriente <I	Protecc			MOMENTO (kVA*M)	CONDUCTOR							REGULACIÓN (%)			
												MATERIAL	TRAS	DUCTO	CALIBRE	CANT	R	X	Sen ϕ	FC	PARCIAL	ACUM.
TRANSFORMADOR	M-TGBT	10,00	150,00	0,90	3	416,4	0,56	3	x	500	1500,0	AL-AISLADO	Ducto	IMC	500	3	0,1411	0,1280	0,4359	1	0,21	0,21
M-TGBT	TGBT	5,00	150,00	0,90	3	416,4	0,36	3	x	500	750,0	AL-AISLADO	Cárcamo	pvc	500	3	0,1411	0,1280	0,4359	1	0,11	0,32
TGBT	T-TO1	2,00	10,49	0,90	3	29,1	0,91	3	x	30	21,0	CU-THHN	Ducto	IMC	8	1	2,5591	0,1706	0,4359	1	0,12	0,43
T-TO1	T-TR1	2,00	2,00	0,90	1	16,7	0,83	1	x	20	4,0	CU-THHN	Ducto	IMC	12	1	6,5617	0,1772	0,4359	6	0,33	0,76
TGBT	T-MUSEO	216,00	23,88	0,90	3	66,3	0,23	3	x	70	5158,1	AL-AISLADO	Ducto	pvc	4/0	2	0,3281	0,1345	0,4359	1	2,11	2,43
TGBT	T-BOMBAS	29,00	21,37	0,90	3	59,4	0,65	3	x	125	619,9	CU-THHN	Ducto	IMC	2	1	0,6234	0,1476	0,4359	1	0,90	1,21
TGBT	T-LCAMPESINO	30,00	20,00	0,90	3	55,5	0,60	3	x	60	600,0	CU-THHN	Ducto	pvc	2	1	0,6234	0,1476	0,4359	1	0,87	1,18
TGBT	TG-TO2	367,00	60,59	0,90	3	168,2	0,17	3	x	175	22237,0	AL-AISLADO	Ducto	pvc	500	4	0,1411	0,1280	0,4359	1	2,35	2,67
TG-TO2	T-EPEDAGOGICO	30,00	43,76	0,90	3	121,5	0,20	3	x	125	1312,7	CU-THHN	Ducto	IMC	500	2	0,0886	0,1280	0,4359	1	0,21	2,87
TG-TO2	T-CONTROL	155,00	,69	0,90	2 (FFN)	3,3	0,10	2	x	20	106,2	CU-THHN	Ducto	IMC	8	1	2,5591	0,1706	0,4359	2,25	1,17	3,83
TG-TO2	T-TO2	6,80	16,15	0,90	3	44,8	0,49	3	x	50	109,8	CU-THHN	Ducto	IMC	2	1	0,6234	0,1476	0,4359	1	0,16	2,82
T-TO2	T-TR2	2,00	2,00	0,90	1	16,7	0,83	1	x	20	4,0	CU-THHN	Ducto	IMC	12	1	6,5617	0,1772	0,4359	6	0,33	3,16
T-TO2	T-TSI	47,00	7,15	0,90	3	19,8	0,22	3	x	20	336,1	CU-THHN	Ducto	IMC	2	1	0,6234	0,1476	0,4359	1	0,49	3,31
T-TSI	T-TR3	2,00	2,50	0,90	1	20,8	0,87	1	x	25	5,0	CU-THHN	Ducto	IMC	10	1	3,9370	0,1640	0,4359	6	0,25	3,56

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

CARGA PARQUE HACIENDA EL CARMEN SUBESTACIÓN 1			
Carga iluminación			
	Carga		*Subtotal AG (VA)*
Taquilla 2	3888,0		3888,0
Taquilla 1	2345,0		2345,0
T-control	685,3		685,3
TOTAL ILUMINACIÓN (VA)			6918,4
Carga tomacorrientes			
	Carga		Subtotal TC (VA)
Taquilla 2	6120,0		6120,0
Taquilla 1	2700,0		2700,0
TOTAL TOMACORRIENTES (VA)			8820,0
Cargas especiales			
Equipo de presión para suministro			21590,0
Taquilla 1			5440,0
Taquilla 2			6140,0
TOTAL CARGAS ESPECIALES (VA)			33170,0
Cargas estimadas			
Equipamiento	Área construida	Criterio (VA/m²)	Subtotal (VA)
Museo	1194,0	20,0	23880,0
Espacio pedagógico comunitario	1326,0	33,0	43758,0
Centro de intercambio campesino	*907,0*	*22,0*	*20000,0*
TOTAL CARGAS ESPECIALES (VA)			87638,0
Demanda máxima			
Primeros 10000VA de tomacorrientes al 100%		VA	8820,0
A partir de 10000 VA de tomacorrientes al 50%		VA	0,0
Carga de iluminación (VA) al 100%		VA	6918,4
Cargas especiales (VA) al 100%		VA	33170,0
Cargas estimadas (VA) al 100%		VA	87638,0
Total demanda (kVA)		(kVA)	***136,55***
Reserva armónicos (VA) al 5%		(kVA)	6,8
TOTAL carga requerida		(kVA)	143,4
TRANSFORMADOR ESCOGIDO (kVA)		**(kVA)**	**150,0**

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

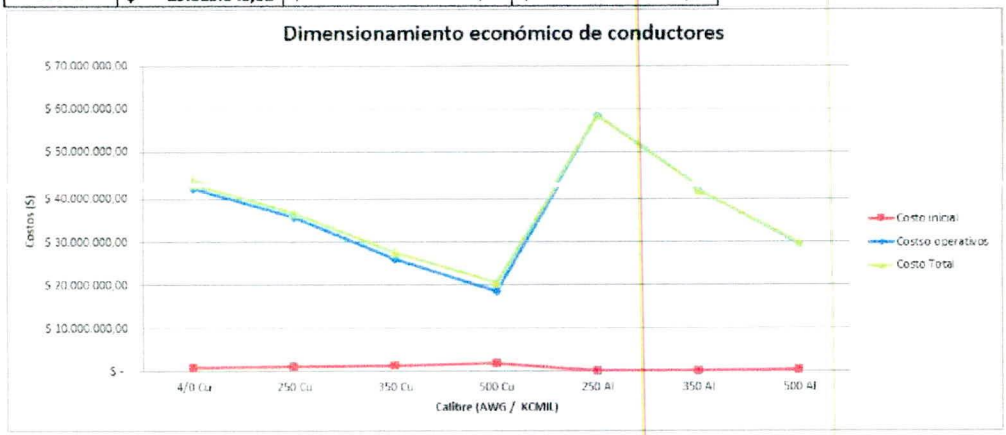
Se realiza el cálculo para 4 alimentadores, cuya carga es mayor a 15 kVA:

Tramos						
Tramo	N I	N F	Distancia	Potencia	Factor de potencia	THD I
			km	kVA		(%)
1	0	1	0,010	150,00	0,90	5,00%
2	1	2	0,367	60,59	0,90	5,00%
3	2	3	0,029	21,37	0,90	5,00%
4	3	4	0,007	16,15	0,90	5,00%

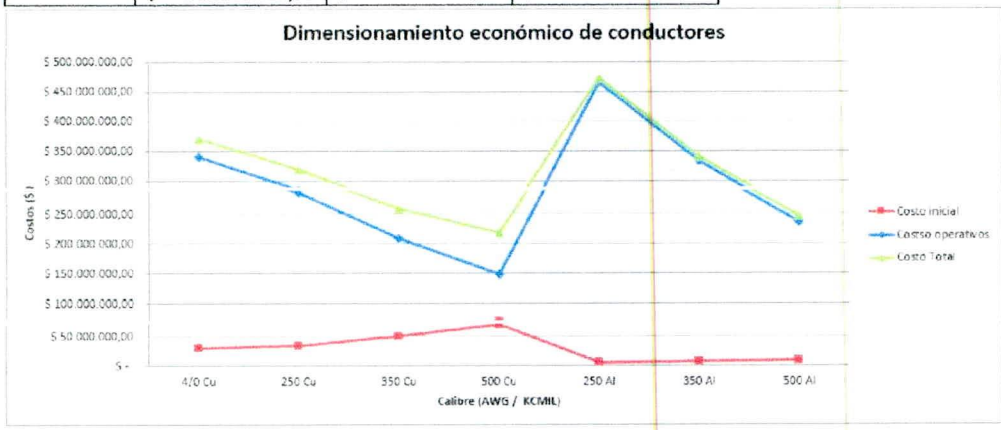
Tramo 1: Alimentador desde transformador hasta TGBT
Tramo 2: Alimentador desde TGBT hasta TG-TQ2
Tramo 3: Alimentador desde TGBT hasta T-BOMBAS
Tramo 4: Alimentador desde TG-TQ2 hasta T-TQ2

1565

Tramo 1			
Calibre AWG- KCMIL	Conductor óptimo (Costo total) 500 Cu	Costo Inicial	Costo operativo VPN
4/0 Cu	$ 43.423.174,68	$ 822.640,00	$ 42.600.534,68
250 Cu	$ 36.680.351,94	$ 949.520,00	$ 35.730.831,94
350 Cu	$ 27.500.116,95	$ 1.382.680,00	$ 26.117.436,95
500 Cu	$ 20.447.295,09	$ 1.890.720,00	$ 18.556.575,09
250 Al	$ 58.563.697,51	$ 150.280,00	$ 58.413.417,51
350 Al	$ 42.096.575,56	$ 187.200,00	$ 41.909.375,56
500 Al	$ 29.813.848,32	$ 261.560,00	$ 29.552.288,32

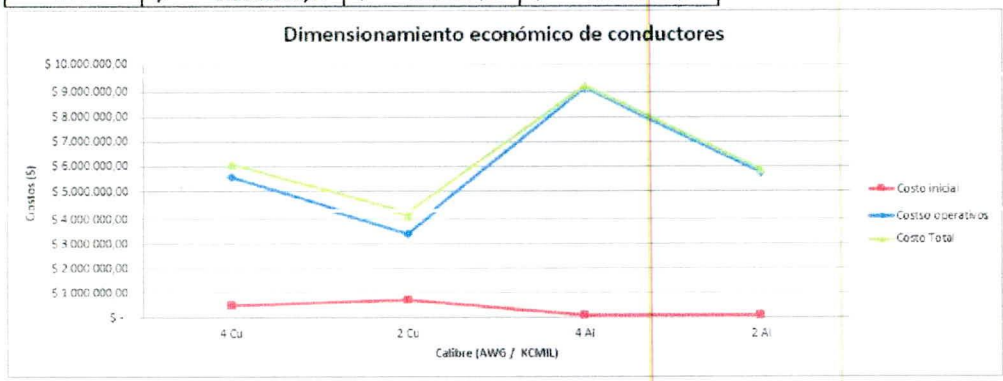


Tramo 2			
Calibre AWG- KCMIL	Conductor óptimo (Costo total) 500 Cu	Costo Inicial	Costo operativo VPN
4/0 Cu	$ 370.316.422,85	$ 30.190.888,00	$ 340.125.534,85
250 Cu	$ 320.124.750,01	$ 34.847.384,00	$ 285.277.366,01
350 Cu	$ 259.267.729,63	$ 50.744.356,00	$ 208.523.373,63
500 Cu	$ 217.546.367,89	$ 69.389.424,00	$ 148.156.943,89
250 Al	$ 471.891.931,21	$ 5.515.276,00	$ 466.376.655,21
350 Al	$ 341.477.513,96	$ 6.870.240,00	$ 334.607.273,96
500 Al	$ 245.546.710,05	$ 9.599.252,00	$ 235.947.458,05

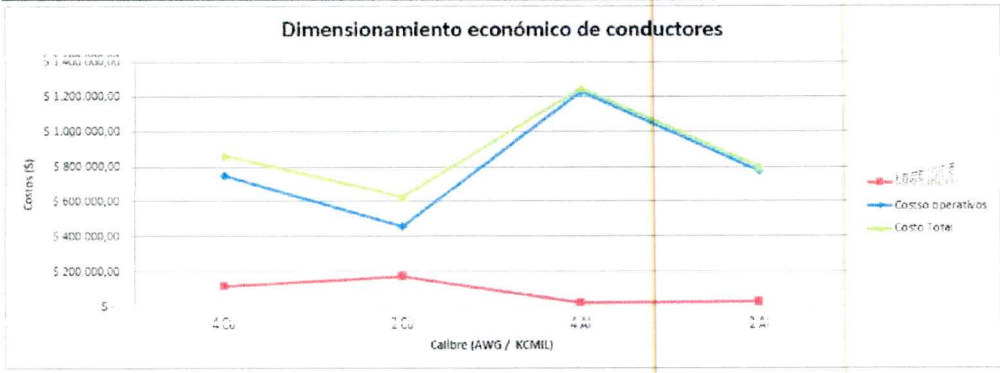


156

Tramo 3			
Calibre AWG- KCMIL	Conductor óptimo (Costo total) 2 Cu	Costo Inicial	Costo operativo VPN
4 Cu	$ 6.076.424,58	$ 503.672,00	$ 5.572.752,58
2 Cu	$ 4.142.502,41	$ 726.856,00	$ 3.415.646,41
4 Al	$ 9.252.012,27	$ 84.448,00	$ 9.167.564,27
2 Al	$ 5.868.581,77	$ 116.116,00	$ 5.752.465,77



Tramo 4			
Calibre AWG- KCMIL	Conductor óptimo (Costo total) 2 Cu	Costo Inicial	Costo operativo VPN
4 Cu	$ 864.407,97	$ 118.102,40	$ 746.305,57
2 Cu	$ 627.860,13	$ 170.435,20	$ 457.424,93
4 Al	$ 1.247.526,00	$ 19.801,60	$ 1.227.724,40
2 Al	$ 797.600,05	$ 27.227,20	$ 770.372,85



Se toma como filosofía del consultor trabajar en tramo 1 y 2 los conductores en aluminio, dándole prioridad al costo inicial.

1567

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

Los cálculos de las canalizaciones de las redes S/E utilizadas se encuentran consignados en la siguiente tabla:

PROYECTO PARQUE ARQUEOLOGICO HACIENDA EL CARMEN					
DESDE	HASTA	CONDUCTORES CALIBRES	SECCIÓN TOTAL mm2	DUCTO	OCUPACIÓN x DUCTO %
TRANSFORMADOR	M-TGBT	3x(3#500 F Al+1#500 N Al+1#1/0Cu T)	2197,19	3Ø4" IMC	24
M-TGBT	TGBT	3x(3#500 F Al+1#500 N Al+1#1/0Cu T)	2197,19	3Ø4" PVC	24
TGBT	T-TQ1	1x(3#8 F Cu+1#8 N Cu+1#10Cu T)	133,09	1Ø1" IMC	19
T-TQ1	T-TR1	1x(1#12 F Cu+1#12 N Cu+1#12Cu T)	36,21	1Ø3/4" IMC	9
TGBT	T-BOMBAS	1x(3#2 F Cu+1#2 N Cu+1#6Cu T)	406,19	1Ø1 1/2" PVC	26
TGBT	TG-TQ2	4x(3#500 F Al+1#500 N Al+1#2Al T)	2143,47	4Ø4" PVC	24
TG-TQ2	T-CONTROL	1x(2#8 F Cu+1#8 N Cu+1#10Cu T)	103,86	1Ø1 1/2" IMC	7
TG-TQ2	T-TQ2	1x(3#2 F Cu+1#2 N Cu+1#10Cu T)	373,86	1Ø1 1/2" IMC	24
T-TQ2	T-TR2	1x(1#12 F Cu+1#12 N Cu+1#12Cu T)	36,21	1Ø3/4" IMC	9
T-TQ2	T-TSI	1x(3#2 F Cu+1#2 N Cu+1#10Cu T)	373,86	1Ø1 1/2" IMC	24
T-TSI	T-TR3	1x(1#10 F Cu+1#10 N Cu+1#12Cu T)	44,45	1Ø3/4" IMC	11

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

PÉRDIDAS PARA MT

PROYECTO PARQUE ARQUEOLOGICO HACIENDA EL CARMEN			Tipo de Subestación:					Trifásica		V (F-N)	6581,9981
										V (F-F)	11400
DESCRIPCION	In (A)	MOMENTO (KVA*m)	CONDUCTOR					PÉRDIDAS (%)			
			MATERIAL	DUCTO	CALIBRE	CANT	R	P (kW)	L(km)	PARCIAL	ACUM.
PCC A Celda de entrada	7,60	54000,0	Al-XLPE	PVC	4/0	1	0,54	135,0	0,36	0,02	0,0248

PÉRDIDAS PARA BT

PROYECTO PARQUE ARQUEOLOGICO HACIENDA EL CARMEN												Tipo de Subestación:						Trifásica		V (F-N)	120
																				V (F-F)	208
DESCRIPCION		LONG (M)	D. MAX (kVA)	F.P.	FASES	In (A)	Verificación corriente <1	Protecc			MOMENTO (kVA*M)	CONDUCTOR						PÉRDIDAS (%)			
												MATERIAL	TRAS	DUCTO	CALIBRE	CANT	R	P (kW)	L(km)	PARCIAL	ACUM.
TRANSFORMADOR	M-TGBT	10,00	150,00	0,90	3	416,4	0,56	3	x	500	1500,0	AL-AISLADO	Ducto	IMC	500	3	0,1411	135,0	0,01	0,18	0,18
M-TGBT	TGBT	5,00	150,00	0,90	3	416,4	0,36	3	x	500	750,0	AL-AISLADO	Carcamo	pvc	500	3	0,1411	135,0	0,01	0,09	0,27
TGBT	T-TQ1	2,00	10,49	0,90	3	29,1	0,91	3	x	30	21,0	CU-THHN	Ducto	IMC	8	1	2,5591	9,4	0,00	0,14	0,32
T-TQ1	T-TR1	2,00	2,00	0,90	1	16,7	0,83	1	x	20	4,0	CU-THHN	Ducto	IMC	12	1	6,5617	1,8	0,00	0,07	0,25
TGBT	T-MUSEO	216,00	23,88	0,90	3	66,3	0,23	3	x	70	5158,1	AL-AISLADO	Ducto	pvc	4/0	2	0,3281	21,5	0,22	2,17	2,35
TGBT	T-BOMBAS	29,00	21,37	0,90	3	59,4	0,65	3	x	125	619,9	CU-THHN	Ducto	IMC	2	1	0,6234	19,2	0,03	0,99	1,17
TGBT	T-I.CAMPESINO	30,00	20,00	0,90	3	55,5	0,60	3	x	60	600,0	CU-THHN	Ducto	pvc	2	1	0,6234	18,0	0,03	0,96	1,14
TGBT	TG-TQ2	367,00	60,59	0,90	3	168,2	0,17	3	x	175	22237,0	AL-AISLADO	Ducto	pvc	500	4	0,1411	54,5	0,37	2,01	2,20
TG-TQ2	T-E.PEDAGOGICO	30,00	43,76	0,90	3	121,5	0,20	3	x	125	1312,7	CU-THHN	Ducto	IMC	500	2	0,0886	39,4	0,03	0,15	0,33
TG-TQ2	T-CONTROL	155,00	,69	0,90	2 (FFN)	3,3	0,10	2	x	20	106,2	CU-THHN	Ducto	IMC	8	1	2,5591	0,6	0,16	0,70	0,88
TG-TQ2	T-TQ2	6,80	16,15	0,90	3	44,8	0,49	3	x	50	109,8	CU-THHN	Ducto	IMC	2	1	0,6234	14,5	0,01	0,18	0,36
T-TQ2	T-TR2	2,00	2,00	0,90	1	16,7	0,83	1	x	20	4,0	CU-THHN	Ducto	IMC	12	1	6,5617	1,8	0,00	0,07	0,25
T-TQ2	T-TSI	47,00	7,15	0,90	3	19,8	0,22	3	x	20	336,1	CU-THHN	Ducto	IMC	2	1	0,6234	6,4	0,05	0,54	0,72
T-TSI	T-TR3	2,00	2,50	0,90	1	20,8	0,87	1	x	25	5,0	CU-THHN	Ducto	IMC	10	1	3,9370	2,3	0,00	0,05	0,23

1368

1.2.2 Cálculos Eléctricos: Cortocircuito, Protecciones y PT.

1.2.2.1 Análisis de cortocircuito y falla a tierra.

ANÁLISIS DE CORTOCIRCUITO

Para poder dimensionar las protecciones para cada configuración se realizan los cálculos de las intensidades de cortocircuito en la salida del transformador. La intensidad para cortocircuito en bornas de BT se calcula de la siguiente forma:

$$Icc = \frac{In}{Zcc} * 100$$

Siendo:
Icc: Intensidad de cortocircuito (A)
In: Intensidad nominal (A)
Vf: Voltaje de fase en el secundario
Zcc: Impedancia máxima (%).

Para un transformador 150 kVA 11400/208-120V, se tiene:

$$Z_{CC} = 6\%$$

$$In = \frac{150000}{\sqrt{3} * 208} = 416.37\ A$$

$$Icc = \frac{416.37\ A}{6} * 100 = 6939.31\ A$$

Por lo tanto, las protecciones a utilizar en el proyecto deben tener un Ik (mínimo) de 7 kA como protección principal para la subestación.

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

PROTECCIÓN EN MT

Selección del fusible de MT de cada transformador
Para obtener adecuadamente la protección en MT es necesario tener los datos de cortocircuito en el punto común de acoplamiento.

PROTECCIÓN EN BT

Análisis Coordinación transformador: 150kVA
Para observar dicha coordinación, remitirse al anexo 3.1 Estudio de coordinación de protecciones

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

PROYECTO PARQUE ARQUEOLOGICO HACIENDA EL CARMEN													Tipo de Subestación:		VERIFICACIÓN POR CORRIENTE				
DESCRIPCION		LONG (M)	D. MAX (kVA)	F.P.	FASES	In (A)	Verificación corriente <1	Protecc			CONDUCTOR				In del cto (A) x 1,25	Capacidad Cable	F. Corrección Temp	F. Corrección Agrup	Capacidad Corregida Acumulada (A)
											MATERIAL	TRAS	CALIBRE	CANT	1,25	26-30°C	31-35°C	1,00	
TRANSFORMADOR	M-TGBT	10,00	150,00	0,90	3	416,4	0,56	3	x	500	AL-AISLADO	Ducto	500	3	520,4	310	1,00	1,0	930
M-TGBT	TGBT	5,00	150,00	0,90	3	416,4	0,36	3	x	500	AL-AISLADO	Cárcamo	500	3	520,4	485	1,00	1,0	1455
TGBT	T-TQ1	2,00	10,49	0,90	3	29,1	0,91	3	x	30	CU-THHN	Ducto	8	1	36,4	40	1,00	1,0	40
T-TQ1	T-TR1	2,00	2,00	0,90	1	16,7	0,83	1	x	20	CU-THHN	Ducto	12	1	20,8	25	1,00	1,0	25
TGBT	T-MUSEO	216,00	23,88	0,90	3	66,3	0,23	3	x	70	AL-AISLADO	Ducto	4/0	2	82,9	180	1,00	1,0	360
TGBT	T-BOMBAS	29,00	21,37	0,90	3	59,4	0,65	3	x	125	CU-THHN	Ducto	2	1	74,3	115	1,00	1,0	115
TGBT	T-LCAMPESINO	30,00	20,00	0,90	3	55,5	0,60	3	x	60	CU-THHN	Ducto	2	1	69,4	115	1,00	1,0	115
TGBT	TG-TQ2	367,00	60,59	0,90	3	168,2	0,17	3	x	175	AL-AISLADO	Ducto	500	4	210,2	310	1,00	1,0	1240
TG-TQ2	T-E.PEDAGOGICO	30,00	43,76	0,90	3	121,5	0,20	3	x	125	CU-THHN	Ducto	500	2	151,8	380	1,00	1,0	760
TG-TQ2	T-CONTROL	155,00	69	0,90	2 (FEN)	3,3	0,10	2	x	20	CU-THHN	Ducto	8	1	4,1	40	1,00	1,0	40
TG-TQ2	T-TQ2	6,80	16,15	0,90	3	44,8	0,49	3	x	50	CU-THHN	Ducto	2	1	56,0	115	1,00	1,0	115
T-TQ2	T-TR2	2,00	2,00	0,90	1	16,7	0,83	1	x	20	CU-THHN	Ducto	12	1	20,8	25	1,00	1,0	25
T-TQ2	T-TSI	47,00	7,15	0,90	3	19,8	0,22	3	x	20	CU-THHN	Ducto	2	1	24,8	115	1,00	1,0	115
T-TSI	T-TR3	2,00	2,50	0,90	1	20,8	0,87	1	x	25	CU-THHN	Ducto	10	1	26,0	30	1,00	1,0	30

1.2.2.4 Cálculo de puesta a tierra y estudio de resistividad.

El proyecto estará provisto de una instalación de puesta a tierra, con objeto de limitar las tensiones de defecto que se pueden originar en la propia instalación.
Esta instalación deberá asegurar la descarga a tierra de la intensidad de defecto y disminuir el riesgo eléctrico debido a la aparición de tensiones peligrosas de paso y contacto, con las masas eventualmentepuestas en tensión.
Se diseñan mallas de puesta a tierra para subestación eléctrica que será la referencia para el proyecto. Se propone la malla del sistema de a tierra de referencia con las siguientes características .

Parámetros	Magnitud	Valor	Unidades
Calibre del conductor		2/0	AWG
Número de varilla	N	4	Und
Largo de la malla	L1	6	m
Ancho de la malla	L2	6	m
Profundidad de enterramiento	Lv	0,75	m

Cabe anotar que esta malla es de referencia de acuerdo con características de proyectos de referencia. La malla de puesta a tierra definitiva se obtendrá una vez se tengan las corrientes de cortocircuito emitidas por el operador de red y esta parámetro más el de resistividad sea verificado en obra.

En el anexo 3.2 se muestra el cálculo de la malla de puesta a tierra.

1570

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

1.2.3.1 Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico

Se establece el **Nivel Básico de Aislamiento** (BIL) ante sobretensiones externas (Tipo rayo), debido que, en niveles de tensión inferiores a los 500 kV, estas sobretensiones son más importantes que las sobretensiones internas (Tipo maniobra).

Ki: (Factor de Seguridad para relacionar el NPR con el BIL)	1.25	
Km. (Factor de Seguridad para relacionar el NPM con el BSL)	1.15	
NPM: (Nivel de Protección Tipo Maniobra)	35	kV
NPR: (Nivel de Protección Tipo Rayo)	75	kV
BIL: (Nivel Básico de Aislamiento a Impulso Tipo Rayo) BIL = NPR"Ki	93,75	kV
BIL: (Normalizado)	95	kV
K: (Factor de Aislamiento de Equipos)	0.83	Equipos sumergidos en aceite
	0.6	Equipos Secos
	0.75	
BSL (Nivel Básico de Aislamiento a Impulso Tipo Maniobra) BSL = K" BIL	78,85	kV (Equipo sumergido en aceite)
Relación BSIJNPM	2.25	
KM <= BSIJNPM	Sí	
BIL: (Definitivo)	95	kV

Todo el aislamiento deberá tener un Nivel Básico de Aislamiento (BIL) mayor igual a 95 kV.

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

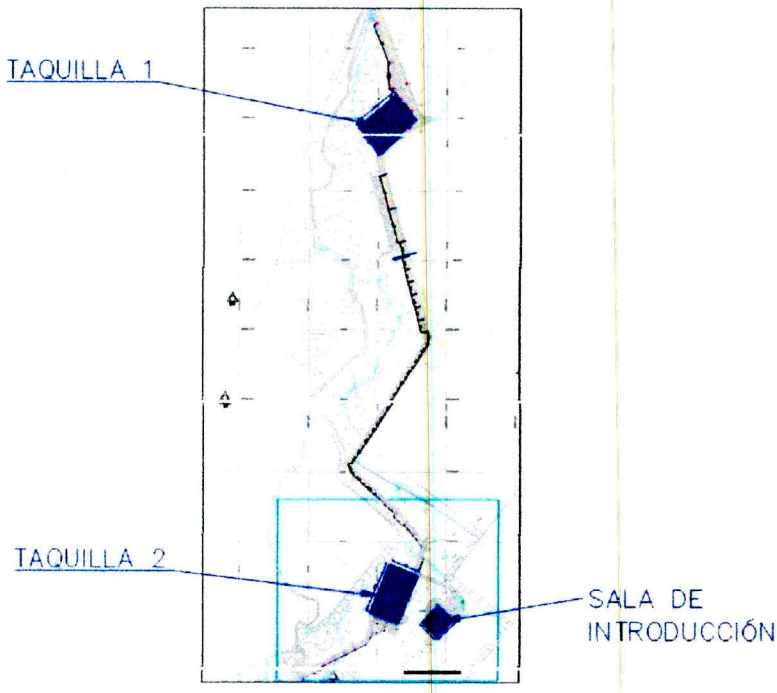
Los sistemas de apantallamiento y puesta a tierra deben garantizar la protección de las personas y las edificaciones que puedan quedar expuestas a los efectos de una eventual descarga eléctrica atmosférica, por esta razón se han desarrollado normas internacionales como la IEC 62305 "*Protection against lightning*", la NFPA 780 "*Standard for the installation of lightning protection system*" y la ANSIE/IEEE 80 "*Guide for safety in A.C substation grounding*" que plantean metodologías para el diseño seguro de estos sistemas. A nivel nacional el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) y la norma NTC 4552 (1-2-3 y 4) "Protección contra descargas atmosféricas".
Este estudio se realizó siguiendo los lineamientos establecidos en dichas normas.

Para el proyecto se toma un número de días tormentosos al año de 145 para la ciudad de Bogotá, lo que nos da un DDT de 4.

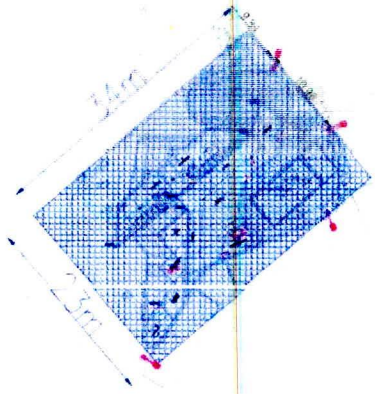
$$DDT = 0{,}0017 * Nc^{1{,}56} = 4$$

Para el proyecto Parque arqueológico Hacienda El Carmen se realiza un análisis para 3 áreas, así:

1571



Taquilla 1: Se considera un área de 34x23m, altura de 6m



1572

EVALUACION DE RIESGO DE DAÑOS POR DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS

IEC 62305-2 Ed. 2.0 PROTECTION AGAINST LIGHTNING – Part 2: Risk management

CÁLCULO DEL RIESGO

PROYECTO: PARQUE ARQUEOLÓGICO HACIENDA EL CARMEN TAQUILLA 1

RESUMEN

Localización:	Bogota D.C.	**DDT (rayos/km2-año):**	4
Dimensiones de estructura bajo análisis:		Longitud L (m):	34
		Ancho W (m):	15
		Altura H (m):	6

Protección al fuego consideradas en la estructura:
Una de las siguientes prevenciones: Extintores manuales, instalaciones de alarme manual, hidrantes, compartimientos contra fuego, rutas de evacuación

Riesgo de fuego de la estructura: Ordinario

Línea de alimentación eléctrica de la estructura:
Media tensión, subterránea, 300m aproximadamente

Riesgo especial: Se considera la probabilidad que haya una persona con discapacidad o inmovilizada

Sistema coordinado de protección interno adoptado con DPS: Sin sistema coordinado de protección

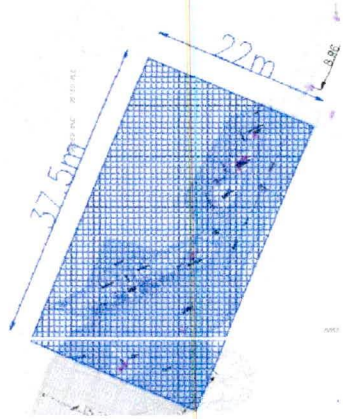
Previsión tensiones de paso y contacto: Avisos y equipotencialización efectiva del suelo

NOTA: Los demás criterios considerados en este análisis se pueden consultar en el reporte de análisis de riesgo

RESUMEN RESULTADOS

Riesgo representativo tolerable R_T	Riesgo calculado R_x sin medidas de protección	Riesgo calculado R_x con medidas de protección proyectadas	Medidas de protección proyectadas
Afectación a personas R_1			
1,0E-05	2,57E-06	N.A	No se requiere sistema de protección contra rayos externo
Pérdidas Económicas R_4			
1,00E-03	4,25E-05	N.A	El riesgo de pérdidas económicas es menor que el valor de riesgo tolerable

Taquilla 2: Se considera un área de 37.5x22m, altura de 6m



1573

EVALUACION DE RIESGO DE DAÑOS POR DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS

IEC 62305-2 Ed. 2.0 PROTECTION AGAINST LIGHTNING – Part 2: Risk management

CÁLCULO DEL RIESGO

PROYECTO: PARQUE ARQUEOLOGICO HACIENDA EL CARMEN TAQUILLA 2

RESUMEN

Localización:	Bogota D.C.	**DDT (rayos/km2-año):**	4
Dimensiones de estructura bajo análisis:		Longitud L (m):	37,5
		Ancho W (m):	22
		Altura H (m):	5

Protección al fuego consideradas en la estructura:
Una de las siguientes prevenciones: Extintores manuales, instalaciones de alarme manual, hidrantes, compartimientos contra fuego, rutas de evacuación

Riesgo de fuego de la estructura: Ordinario

Línea de alimentación eléctrica de la estructura:
Baja tensión, subterránea, 370m aproximadamente

Riesgo especial: Se considera la probabilidad que haya una persona con discapacidad o inmovilizada

Sistema coordinado de protección interno adoptado con DPS: Sin sistema coordinado de protección

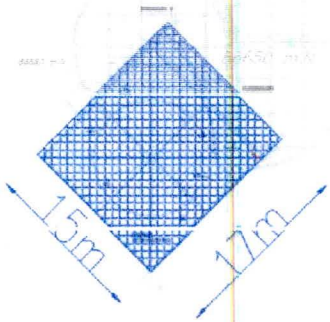
Previsión tensiones de paso y contacto: Avisos y equipotencialización efectiva del suelo

NOTA: Los demás criterios considerados en este análisis se pueden consultar en el reporte de análisis de riesgo

RESUMEN RESULTADOS

Riesgo representativo tolerable R_T	Riesgo calculado R_X sin medidas de protección	Riesgo calculado R_X con medidas de protección proyectadas	Medidas de protección proyectadas
Afectación a personas R_1			
1,0E-05	9,75E-06	N.A	No se requiere sistema de protección contra rayos externo
Pérdidas Económicas R_4			
1,00E-03	4,82E-05	N.A	El riesgo de pérdidas económicas es menor que el valor de riesgo tolerable

Sala de introducción: Se considera un área de 17x15m, altura de 6m



1574

EVALUACION DE RIESGO DE DAÑOS POR DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS
IEC 62305-2 Ed. 2.0 PROTECTION AGAINST LIGHTNING – Part 2: Risk management

CÁLCULO DEL RIESGO

PROYECTO: PARQUE ARQUEOLOGICO HACIENDA EL CARMEN SALA INTRODUCCIÓN

RESUMEN

Localización:	Bogota D.C.	**DDT (rayos/km2-año):**	4
Dimensiones de estructura bajo análisis:		Longitud L (m):	17
		Ancho W (m):	15
		Altura H (m):	6

Protección al fuego consideradas en la estructura:
Una de las siguientes prevenciones: Extintores manuales, instalaciones de alarme manual, hidrantes, compartimientos contra fuego, rutas de evacuación

Riesgo de fuego de la estructura: Ordinario

Línea de alimentación eléctrica de la estructura:
Baja tensión, subterránea, 60m aproximadamente

Riesgo especial: Se considera la probabilidad que haya una persona con discapacidad o inmovilizada

Sistema coordinado de protección interno adoptado con DPS: Sin sistema coordinado de protección

Previsión tensiones de paso y contacto: Avisos y equipotencialización efectiva del suelo

NOTA: Los demás criterios considerados en este análisis se pueden consultar en el reporte de análisis de riesgo

RESUMEN RESULTADOS

Riesgo representativo tolerable R_T	Riesgo calculado R_X sin medidas de protección	Riesgo calculado R_X con medidas de protección proyectadas	Medidas de protección proyectadas
Afectación a personas R_1			
1,0E-05	4,47E-06	N.A	No se requiere sistema de protección contra rayos externo
Pérdidas Económicas R_4			
1,00E-03	2,22E-05	N.A	El riesgo de pérdidas económicas es menor que el valor de riesgo tolerable

Se concluye que el proyecto Parque arqueológico Hacienda El Carmen no se requiere apantallamiento.

Ver análisis detallado de cada área en Anexo 3.3. Riesgo rayos el Carmen.
Anexo 3.3.1 Riesgo rayos_Hda El Carmen_Taquilla1
Anexo 3.3.2 Riesgo rayos_Hda El Carmen_Taquilla2
Anexo 3.3.3 Riesgo rayos_Hda El Carmen_Sala introducción

1.2.3.3 Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos

Para evaluar el grado de riesgo de tipo eléctrico, aplicaremos la matriz de análisis de riesgo establecida en RETIE de agosto 30 de 2013.

1575

RIESGO A EVALUAR:	Descarga eléctrica	por	**Arco eléctrico**	(al) o (en)	Cortacircuitos de transformador
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

POTENCIAL [x] REAL [ ]

	I	II	III	IV		FRECUENCIA E	D	C	B	A
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
CONSECUENCIAS	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5		I			
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4					
	Incapacidad temporal (>1dia)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3					
	Lesión menor (sin incpacidad)	Daños importantes. Interrupción breve.	Efecto menor	Local	2		IV			
	Molestia funcional (Afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1	III		II		

Alto

MEDIDAS DE PROTECCIÓN:

- [ ] Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos
- [x] Mantener una distancia de seguridad
- [ ] Usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta
- [x] Vigilar posibles cambios

DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	***PARA EJECUTAR TRABAJOS***
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.

POSIBLES CAUSAS:

- [ ] Malos contactos
- [ ] Cortocircuitos
- [x] Aperturas de interruptores con carga
- [x] Apertura o cierre de seccionadores con carga
- [x] Apertura de transformadores de corriente
- [x] Apertura de transformadores de potencia con carga sin utilizar equipo extintor de arco
- [ ] Apertura de transformadores de corriente en secundarios con carga
- [x] Manipulación indebida de equipos de medida
- [ ] Materiales o herramientas olvidadas en gabinetes
- [x] Acumulación de óxido o partículas conductoras
- [x] Descuidos en los trabajos de mantenimiento

Evaluador: Carlos Cárdenas M.P: BL205-32326 Fecha: 26/08/2023

1516

RIESGO A EVALUAR:	Cancelación eventos	por	**Ausencia electricidad**	(al) o (en)	Transformador
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

POTENCIAL [x] REAL [ ]

CONSECUENCIAS	I En personas	II Económicas	III Ambientales	IV 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 en el 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					
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4					
	Incapacidad temporal (>1día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3					
	Lesión menor (sin incpacidad)	Daños importantes. Interrupción breve.	Efecto menor	Local	2					
	Molestia funcional (Afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1	III	II		I IV	

	Bajo		***IDAS DE PROTECCIÓN:***
			Disponer de sistemas ininterrumpidos de potencia y grupos electrógenos con transferencia automática
		X	Vigilar posibles cambios

DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	***PARA EJECUTAR TRABAJOS***
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

	POSIBLES CAUSAS:
x	Apagón o corte del servicio
	no disponer de un sistema ininterrumpido de potencia - UPS
x	no tener grupo electrógeno
	no tener transferencia

Evaluador: Carlos Cárdenas M.P: BL205-32326 Fecha: 26/08/2023

1577

RIESGO A EVALUAR:	Descarga eléctrica	por	**Contacto directo**	(al) o (en)	Tableros y equipos
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

POTENCIAL [x] REAL [ ]

CONSECUENCIAS	I En personas	II Económicas	III Ambientales	IV 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 en el 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					
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4					
	incapacidad temporal (>1dia)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3		I			
	Lesión menor (sin incpacidad)	Daños importantes. Interrupción breve.	Efecto menor	Local	2		II III IV			
	Molestia funcional (Afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1					

Medio

MEDIDAS DE PROTECCIÓN:

X	Establecer distancias de seguridad
X	interposición de obstáculos
X	aislamiento o recubrimiento de partes activas
X	utilización de interruptores diferenciales
	elementos de protección personal
X	puesta a tierra
	probar ausencia de tensión
	doble aislamiento
X	Vigilar posibles cambios

DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	***PARA EJECUTAR TRABAJOS***
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

POSIBLES CAUSAS:

x	Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos
x	violación de las distancias mínimas de seguridad

Evaluador: Carlos Cárdenas M.P: BL205-32326 Fecha: 26/08/2023

RIESGO A EVALUAR:	Descarga eléctrica	por	**Contacto Indirecto**	(al) o (en)	Tableros y equipos
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

POTENCIAL [x] REAL [ ]

CONSECUENCIAS	I	II	III	IV		FRECUENCIA E	D	C	B	A
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el 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	I				
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4					
	Incapacidad temporal (>1dia)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3					
	Lesión menor (sin incpacidad)	Daños importantes. Interrupción breve.	Efecto menor	Local	2		II IV			
	Molestia funcional (Afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1	III				

Medio

	MEDIDAS DE PROTECCIÓN:
	Separación de circuitos
	uso de muy baja tensión
X	distancias de seguridad
X	conexiones equipotenciales
X	sistemas de puesta a tierra
	interruptores diferenciales
X	mantenimiento preventivo y correctivo
X	Vigilar posibles cambios

DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	***PARA EJECUTAR TRABAJOS***
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

	POSIBLES CAUSAS:
X	Fallas de aislamiento
X	mal mantenimiento
	falta de conductor de puesta a tierra

Evaluador: Carlos Cárdenas M.P: BL205-32326 Fecha: 26/08/2023

RIESGO A EVALUAR:	Incendio	por	Cortocircuito	(al) o (en)	Tableros y equipos
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

POTENCIAL [x] REAL [ ]

CONSECUENCIAS	I En personas	II Económicas	III Ambientales	IV 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 en el 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		I			
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4					
	Incapacidad temporal (>1día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3		II III			
	Lesión menor (sin incpacidad)	Daños importantes. Interrupción breve.	Efecto menor	Local	2		IV			
	Molestia funcional (Afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1					

	Alto	***MEDIDAS DE PROTECCIÓN:***
		x Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles
		x Vigilar posibles cambios

DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	***PARA EJECUTAR TRABAJOS***
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.

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

Evaluador: Carlos Cárdenas M.P: BL205-32326 Fecha: 26/08/2023

1180

RIESGO A EVALUAR:	Descarga eléctrica	por	**Electricidad estática**	(al) o (en)	Equipos
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

POTENCIAL [x] REAL [ ]

CONSECUENCIAS	I En personas	II Económicas	III Ambientales	IV 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 en el 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					
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4					
	Incapacidad temporal (>1día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3					
	Lesión menor (sin incpacidad)	Daños importantes. Interrupción breve.	Efecto menor	Local	2		I			
	Molestia funcional (Afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1		II	III IV		

BAJO

MEDIDAS DE PROTECCIÓN:

x	Sistemas de puesta a tierra
x	conexiones equipotenciales
	aumento de la humedad relativa
	ionización del ambiente
	eliminadores eléctricos y radiactivos
	pisos conductivos
x	Vigilar posibles cambios

DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	***PARA EJECUTAR TRABAJOS***
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

POSIBLES CAUSAS:

x	Unión y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante

Evaluador: Carlos Cárdenas M.P: BL205-32326 Fecha: 26/08/2023

RIESGO A EVALUAR:	Descarga eléctrica	por	**Equipo defectuoso**	(al) o (en)	Equipos
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

POTENCIAL [x] REAL [ ]

CONSECUENCIAS	I En personas	II Económicas	III Ambientales	IV 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 en el 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					
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4		I			
	incapacidad temporal (>1día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3					
	Lesión menor (sin incpacidad)	Daños importantes. Interrupción breve.	Efecto menor	Local	2		II			
	Molestia funcional (Afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1	III	IV			

Medio

MEDIDAS DE PROTECCIÓN:

X	Mantenimiento predictivo y preventivo
X	construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas
	caracterización del entorno electromagnético
X	Vigilar posibles cambios

DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	***PARA EJECUTAR TRABAJOS***
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

POSIBLES CAUSAS:

X	Mal mantenimiento
X	mala instalación
X	mala utilización
X	tiempo de uso
X	transporte inadecuado

Evaluador: Carlos Cárdenas M.P: BL205-32326 Fecha: 26/08/2023

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

POTENCIAL [x] REAL [ ]

CONSECUENCIAS	I En personas	II Económicas	III Ambientales	IV 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 en el 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					
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4		I			
	Incapacidad temporal (>1dia)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3					
	Lesión menor (sin incpacidad)	Daños importantes. Interrupción breve.	Efecto menor	Local	2		II IV			
	Molestia funcional (Afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1	III				

Muy bajo

MEDIDAS DE PROTECCIÓN:

x	pararrayos
x	bajantes
x	puestas a tierra
x	equipotencialización
x	apantallamientos
x	topología de cableados
x	suspender actividades de alto riesgo, cuando se tenga personal al aire libre
x	Vigilar posibles cambios

DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	***PARA EJECUTAR TRABAJOS***
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

POSIBLES CAUSAS:

	Fallas en el diseño del SIPRA
x	Fallas en la construcción del SIPRA
	Fallas en la operación del SIPRA
x	Fallas en el mantenimiento del SIPRA

Evaluador: Carlos Cárdenas M.P: BL205-32326 Fecha: 26/08/2023

1583

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

POTENCIAL [X] REAL [ ]

CONSECUENCIAS	I	II	III	IV		FRECUENCIA E	D	C	B	A
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el 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					
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4					
	Incapacidad temporal (>1dia)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3		I			
	Lesión menor (sin incpacidad)	Daños importantes. Interrupción breve.	Efecto menor	Local	2		II			
	Molestia funcional (Afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1	III	IV			

Medio

MEDIDAS DE PROTECCIÓN:

	Uso de Interruptores automáticos con relés de sobrecarga
	interruptores automáticos asociados con cortacircuitos
	cortacircuitos
X	fusibles bien dimensionados
X	dimensionamiento técnico de conductores y equipos
	compensación de energía reactiva con banco de condensadores
X	Vigilar posibles cambios

DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	***PARA EJECUTAR TRABAJOS***
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

POSIBLES CAUSAS:

X	Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores
	instalaciones que no cumplen las normas técnicas
X	conexiones flojas
	armónicos
	no controlar el factor de potencia

Evaluador: Carlos Cárdenas M.P: BL205-32326 Fecha: 26/08/2023

1584

RIESGO A EVALUAR:	Descarga eléctrica	por	**Tensión de contacto**	(al) o (en)	Tableros y equipos
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

POTENCIAL [x] REAL [ ]

CONSECUENCIAS	I En personas	II Económicas	III Ambientales	IV 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 en el 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		I			
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4					
	Incapacidad temporal (>1dia)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3		II			
	Lesión menor (sin incpacidad)	Daños importantes. Interrupción breve.	Efecto menor	Local	2		III			
	Molestia funcional (Afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1		IV			

	Alto		***MEDIDAS DE PROTECCIÓN:***
			Puestas a tierra de baja resistencia
		x	*restricción de accesos*
			alta resistividad del piso
		x	equipotencializar
		x	Vigilar posibles cambios

DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	***PARA EJECUTAR TRABAJOS***
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.

	POSIBLES CAUSAS:
x	*rayos*
x	fallas a tierra
x	fallas de aislamiento
x	violación de distancias de seguridad

Evaluador: Carlos Cárdenas M.P: BL205-32326 Fecha: 26/08/2023

185

RIESGO A EVALUAR:	Descarga eléctrica	por	Tensión de paso	(al) o (en)	Tableros y equipos
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE

POTENCIAL [x] REAL [ ]

	I	II	III	IV		FRECUENCIA E	D	C	B	A
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
CONSECUENCIAS	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5		I			
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4					
	Incapacidad temporal (>1dia)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3					
	Lesión menor (sin incpacidad)	Daños importantes. Interrupción breve.	Efecto menor	Local	2	IV	II			
	Molestia funcional (Afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1		III			

Alto

	MEDIDAS DE PROTECCIÓN:
	Puestas a tierra de baja resistencia
x	restricción de accesos
	alta resistividad del piso
x	equipotencializar
x	Vigilar posibles cambios

DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR TRABAJOS
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.

	POSIBLES CAUSAS:
	rayos
x	fallas a tierra
x	fallas de aislamiento
x	violación de áreas restringidas
	retardo en el despeje de la falla

Evaluador: Carlos Cárdenas M.P: BL205-32326 Fecha: 26/08/2023

1586

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

No aplica según artículo del RETIE 14.4. Este proyecto no se encuentra en cercanías de servidumbres delíneas de tensión superior a 57.5 kV.

1.2.3.5 Clasificación de áreas.

En el proyecto **NO** existe manejo ni almacenamiento de combustible.

1.2.3.6 Establecer distancias de seguridad requeridas

MEDIA TENSIÓN:

PARALELISMOS

Los cables subterráneos, cualquiera que sea su forma de instalación, deberán cumplir las condiciones y distancias de proximidad. En ningún caso se canalizarán paralelamente por encima o por debajo de cualquier otra instalación con excepción de las líneas eléctricas, siempre y cuando estas sean de propiedad de la EMPRESA. En tal caso, ambas líneas se canalizarán en tubería y se situará en el nivel superior la línea de menor tensión eléctrica.
Para todos los servicios tales como redes de baja tensión, media tensión, cables de telecomunicación, agua, alcantarillado, vapor y gas, deberán cumplir con una distancia mínima entre ellos de 20 cm. Cuando no sea posible conseguir esta distancia, se deben separar en forma efectiva las instalaciones a través de una hilera cerrada de ladrillos o concreto, resistentes al fuego y al arco eléctrico, y malos conductores de calor de por lo menos 5 cm de espesor.

CRUZAMIENTOS

En los cruzamientos de los cables de baja tensión, media tensión, cables de telecomunicaciones, agua, alcantarillado, vapor y gas deberá cumplir con una distancia mínima entre ellos de 20 cm. En caso de que no pudiese conseguirse esta distancia, se deben separar en forma efectiva las instalaciones por medio de una hilera cerrada de ladrillos o concreto, resistentes al fuego y al arco eléctrico, y malos conductores de calor del calor.

BAJA TENSIÓN:

El espacio demarcado para tableros de baja tensión es de 0.9m de profundidad de acuerdo con laNTC2050 Tabla 110-16.a.
Se cumple con distancias de seguridad establecidas en RETIE.

1.2.3.7 Justificación técnica de desviación de la NTC2050 cuando sea permitido, siempre y cuando y no comprometa la seguridad de las personas o de su instalación.

En este proyecto **NO** se contempló ninguna desviación de la NTC2050.

1587

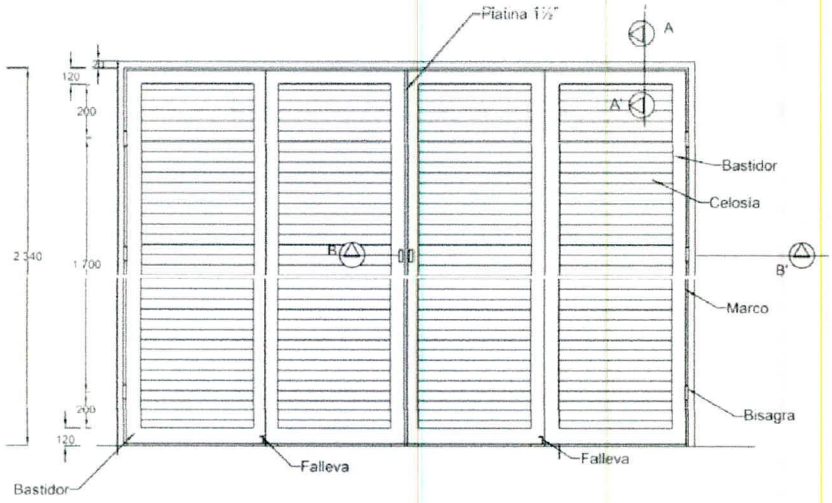
1.2.3.8 Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.

CALCULO DE VENTILACIÓN PARA EL CUARTO DE LA SUBESTACIÓN

De acuerdo con la norma CTS517 se debe contar con un área de ventilación no menor a 20cm^2 por kVA de transformadores instalados y en servicio.
Para este proyecto se cuenta con un transformador de 150 kVA por lo tanto necesitamos un área de ventilación con las siguientes dimensiones:

$$A=20x150\ [cm^2]=3000\ cm^2$$
$$A=0.3\ m^2$$

El área total necesaria para la ventilación debe ser de 0.3 m^2, se plantea puerta metálica plegable para el local de transformación (CTS 548-1).
Debido a que las rejillas ocupan área neta de ventilación, se debe considerar esta área para el dimensionamiento, por lo tanto, para la estimación de la ventilación se consideran un 30% de pérdidas debido a las rejillas.



SUBESTACIÓN 1: 150 kVA	
m2/kVA	0,002

Subestación eléctrica	
kVA	**150**
m2 requeridos de ventilación efectiva	0,3

Puerta considerada:	4x [0,8x2,1] m
Ancho puerta (m) - sin marco	3,2
Alto puerta (m) - sin marco	2,1
Total área (1) puerta (m2)	6,72

Total área puerta (m2)	**6,72**
Total área efectiva (considerando pérdidas de 30% debido a rejillas)	**4,70**

1588

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

Este proyecto **NO** requiere de especificaciones complementarias a los planos.

1.2.4 Cálculos mecánicos.

No aplica. No hay redes aéreas en el proyecto.

2 Planos

HCA EL CARMEN_SERIE 3
ELE ACCESO 1 HCA EL CARMEN
ELE ACCESO 2 HCA EL CARMEN
ELE URB HCA EL CARMEN
SALA DE INTRODUCCIÓN HCA EL CARMEN

3 Anexos

Anexo 3.1 Estudio de coordinación de protecciones
Anexo 3.2 Cálculo malla de puesta a tierra
Anexo 3.3.1 Riesgo rayos_Hda El Carmen_Taquilla1
Anexo 3.3.2 Riesgo rayos_Hda El Carmen_Taquilla2
Anexo 3.3.3 Riesgo rayos_Hda El Carmen_Sala introduccion

1789

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES
PARQUE ARQUEOLÓGICO HACIENDA EL CARMEN

ORBITA
Ingenieros

Mayo, 2025

1590

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES PROYECTO PARQUE ARQUEOLÓGICO HACIENDA EL CARMEN

1 OBJETO

Realizar el análisis de cortocircuito y coordinación de protecciones del Proyecto Parque Arqueológico Hacienda El Carmen, ubicado en la localidad de Usme, Bogotá DC.

2 ALCANCE

El presente estudio realiza el análisis de cortocircuito trifásico y monofásico del proyecto PARQUE ARQUEOLÓGICO HACIENDA EL CARMEN, además presenta la coordinación de protecciones de los diferentes dispositivos de protección del proyecto, para lo anterior se utilizó el software de simulación XL PRO^3.

3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Por medio del Punto de Conexión contemplado en el diseño de las instalaciones eléctricas se prestará el servicio de energía eléctrica al proyecto, que está ubicado en la ciudad de Bogotá DC.

4 CRITERIOS DE SIMULACIÓN

Para la simulación del análisis de cortocircuito, se tuvieron las siguientes consideraciones:

- Se consideró un factor de sobrecarga para los transformadores de 25%.
- Las características técnicas de los conductores (R y X) media tensión, corresponden a los calibres dados en el diagrama unifilar del proyecto.

5 PROYECTOS

T1: Transformador tipo seco 150 kVA, 11400/208-120 V, Uz 6%, Dyn5.

6 NIVELES DE CORTOCIRCUITO

A partir del diagrama unifilar se realizó la simulación en el software XL PRO^3 para obtener las corrientes de cortocircuito trifásica y monofásica del proyecto.
En las siguientes tablas se podrán observar las corrientes de cortocircuito trifásicos y monofásicos en los barrajes de cada uno de los tableros.

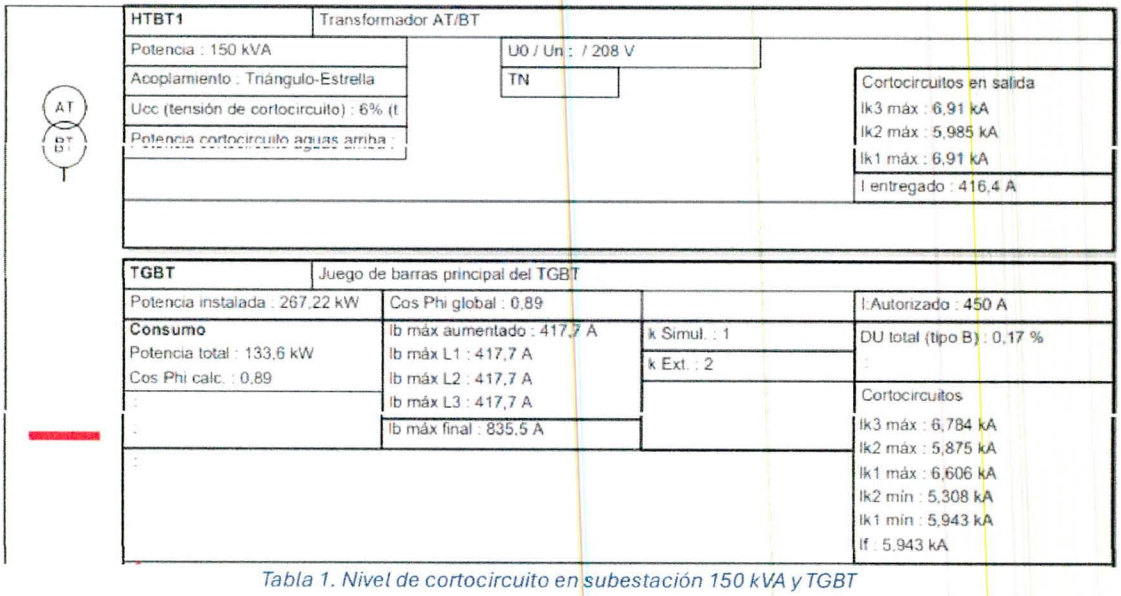


Tabla 1. Nivel de cortocircuito en subestación 150 kVA y TGBT

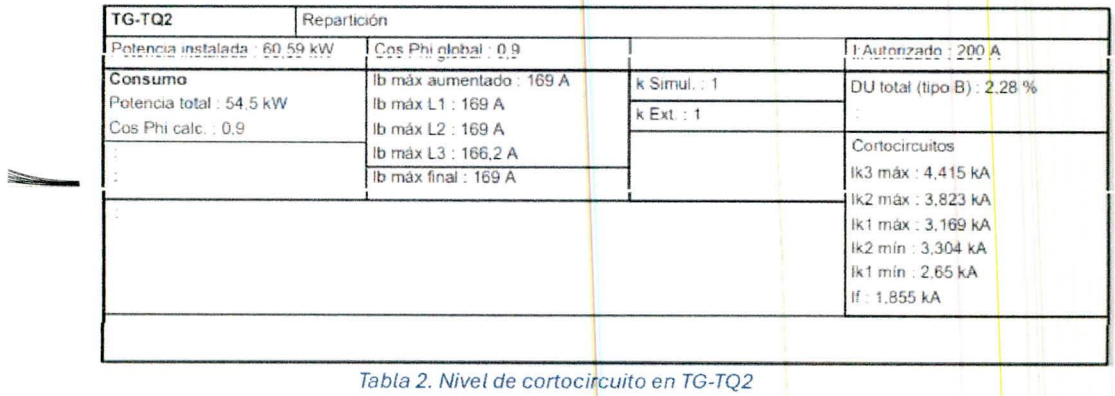


Tabla 2. Nivel de cortocircuito en TG-TQ2

7 CURVAS DE PROTECCIÓN CON LOS AJUSTES DE PROTECCIÓN

Para tener en cuenta:
Cuando la curva de disparo de la protección aguas abajo cruza la curva de no disparo de la protección aguas arriba se dice que la coordinación es parcial y la corriente a la cual la curva se cruza se denomina límite de selectividad o discriminación.
Si el límite de selectividad es menor que la corriente de corto circuito que puede ocurrir en el circuito protegido por el interruptor aguas abajo, se dice que la discriminación es parcial. Si el límite de selectividad es mayor que la máxima corriente de corto circuito que puede ocurrir en el circuito protegido por el interruptor aguas abajo, se dice que la discriminación es total.
En las siguientes figuras se observan la coordinación de protecciones entre los diferentes *dispositivos de baja tensión, realizado en el software* XL PRO[3].
Para la coordinación de protecciones se utilizaron protecciones de los fabricantes, Legrand.

7.1 Diagramas de selectividad para protecciones de S/E 150 kVA

Estudio de Coordinación de Protecciones
Caso: Parque Arqueológico Hacienda El Carmen
Conexión a 11.4 kV

a. Diagrama de selectividad para protecciones TGBT/TQ1

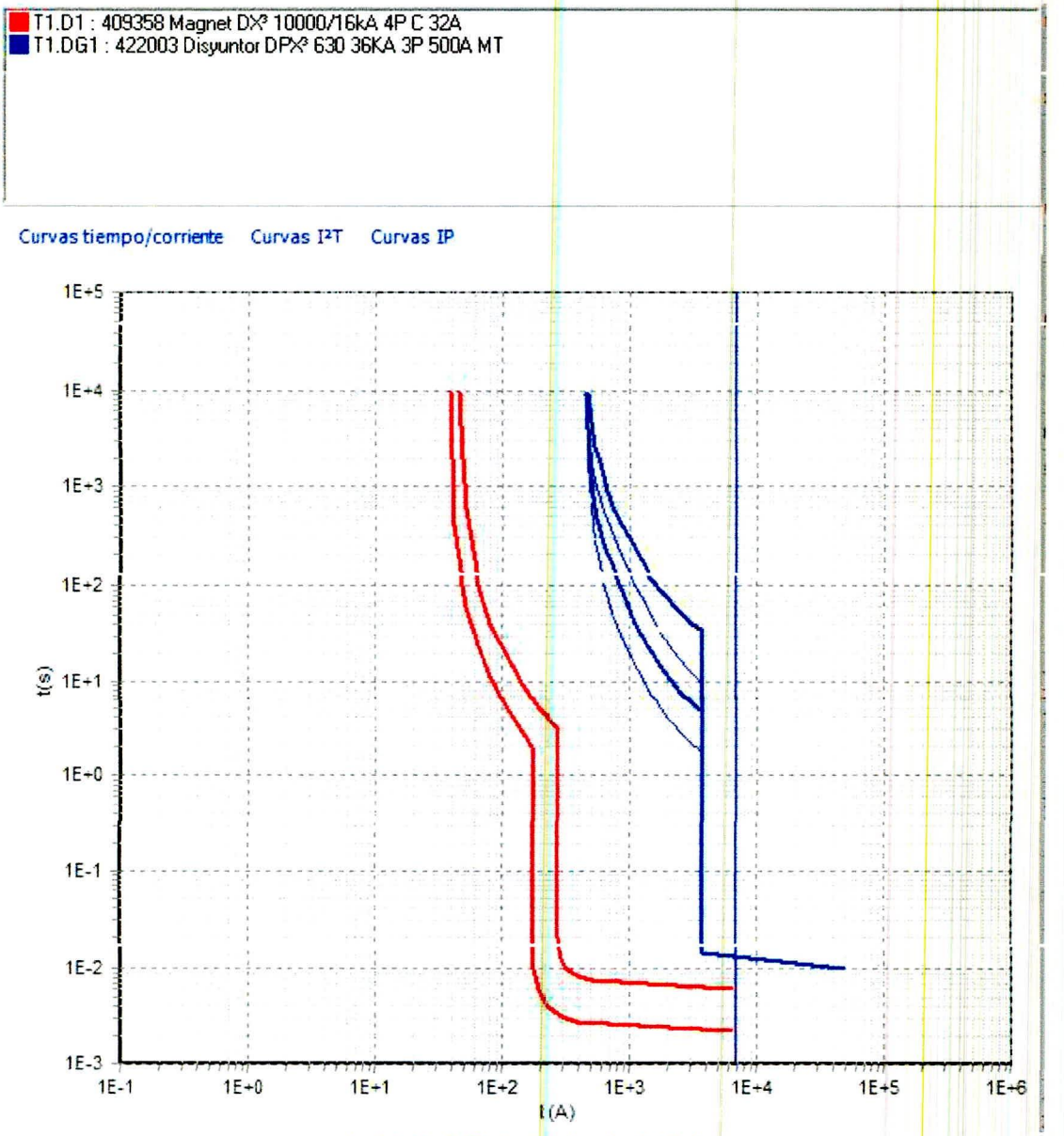


Ilustración 1. Diagrama de selectividad

b. Diagrama de selectividad para protecciones TGBT/ RESERVA EQUIPADA MUSEO

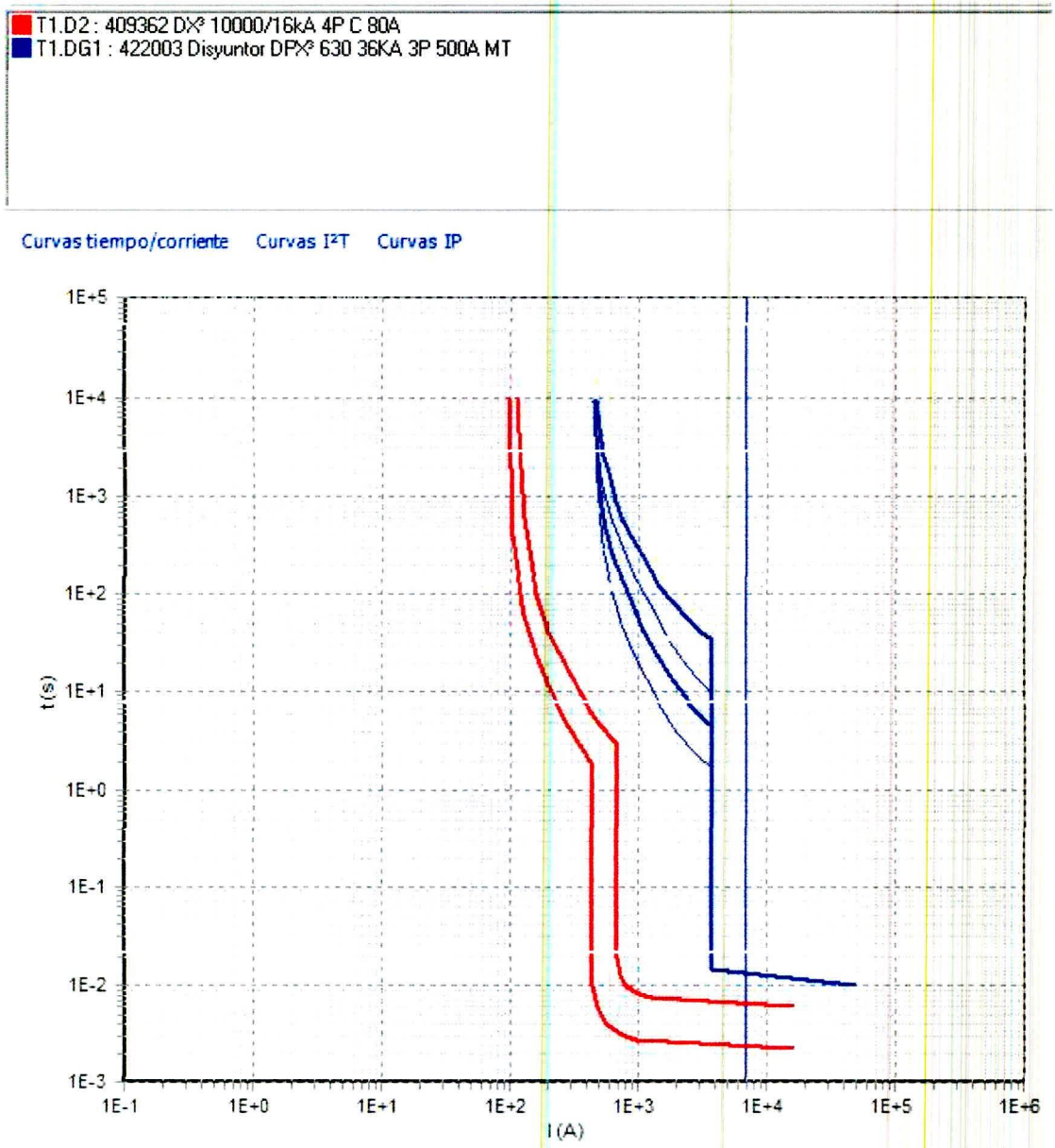


Ilustración 2. Diagrama de selectividad protecciones

Estudio de Coordinación de Protecciones
Caso: Parque Arqueológico Hacienda El Carmen
Conexión a 11.4 kV

c. Diagrama de selectividad para protecciones TGBT / T-BOMBAS

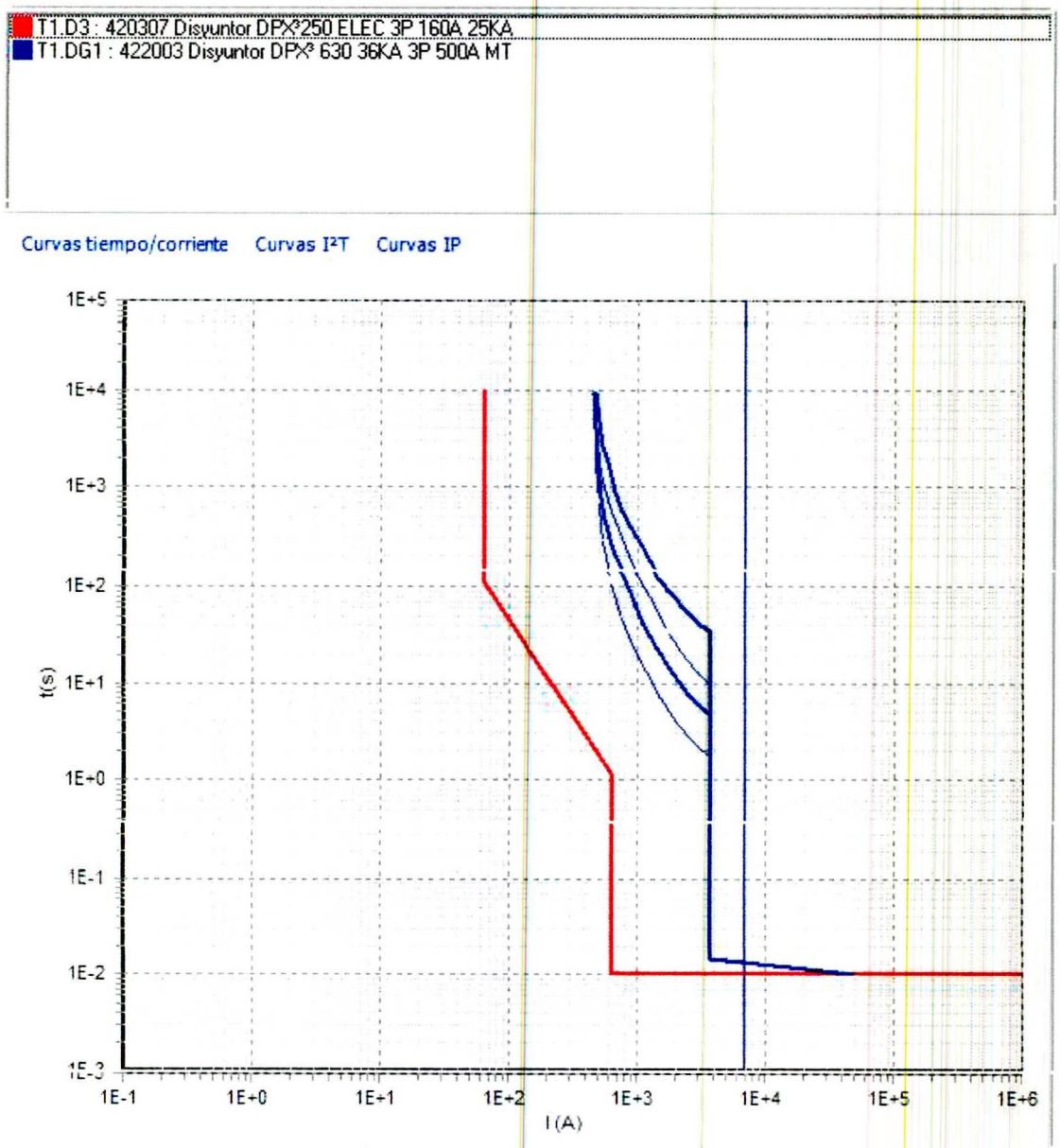


Ilustración 3. Diagrama de selectividad protecciones

Estudio de Coordinación de Protecciones
Caso: Parque Arqueológico Hacienda El Carmen
Conexión a 11.4 kV

d. Diagrama de selectividad para protecciones TGBT / RESERVA EQUIPADA CENTRO DE INTERCAMBIO CAMPESINO

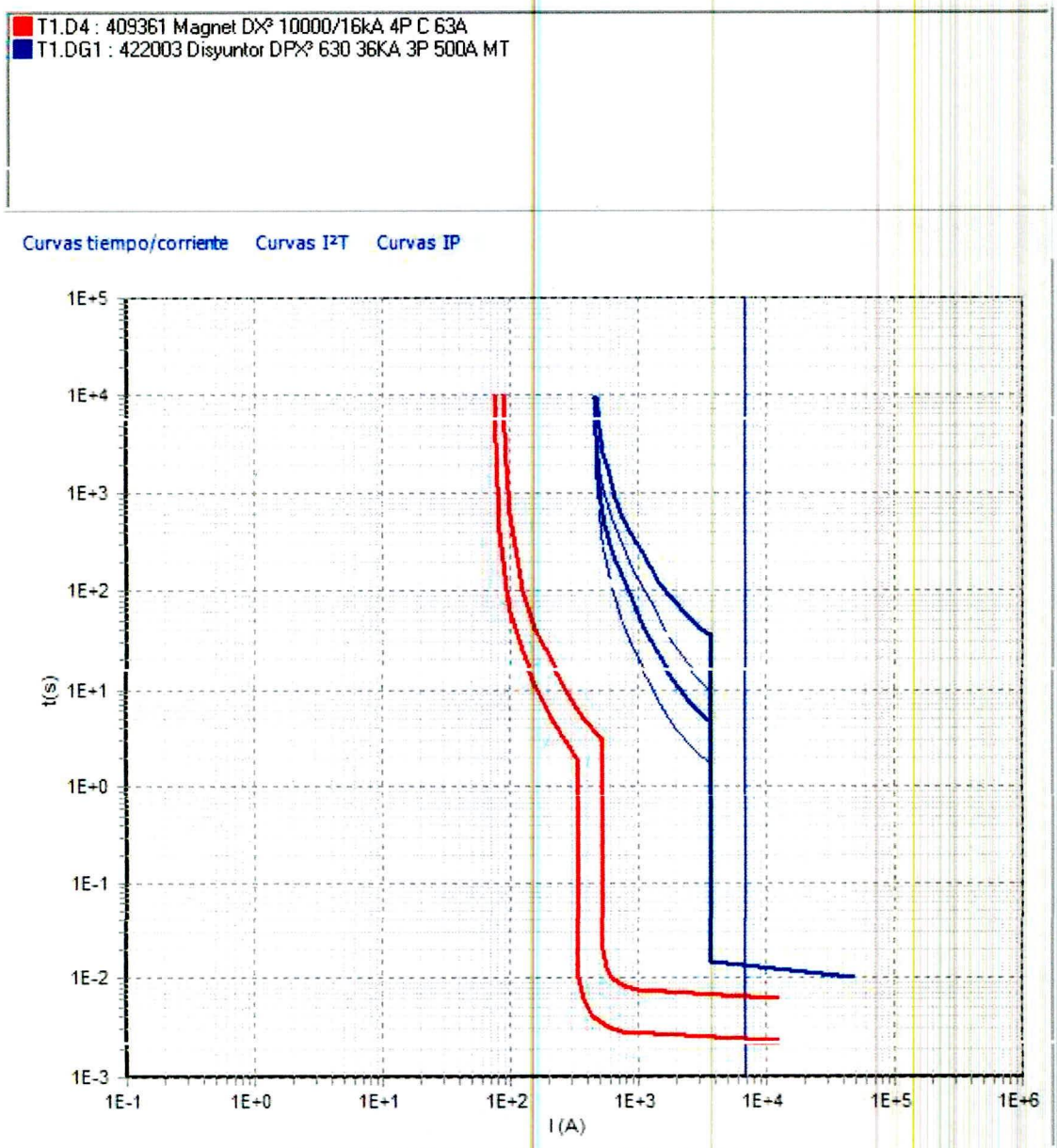


Ilustración 4. Diagrama de selectividad protecciones

Estudio de Coordinación de Protecciones
Caso: Parque Arqueológico Hacienda El Carmen
Conexión a 11.4 kV

e. Diagrama de selectividad para protecciones TGBT / TG-TQ2

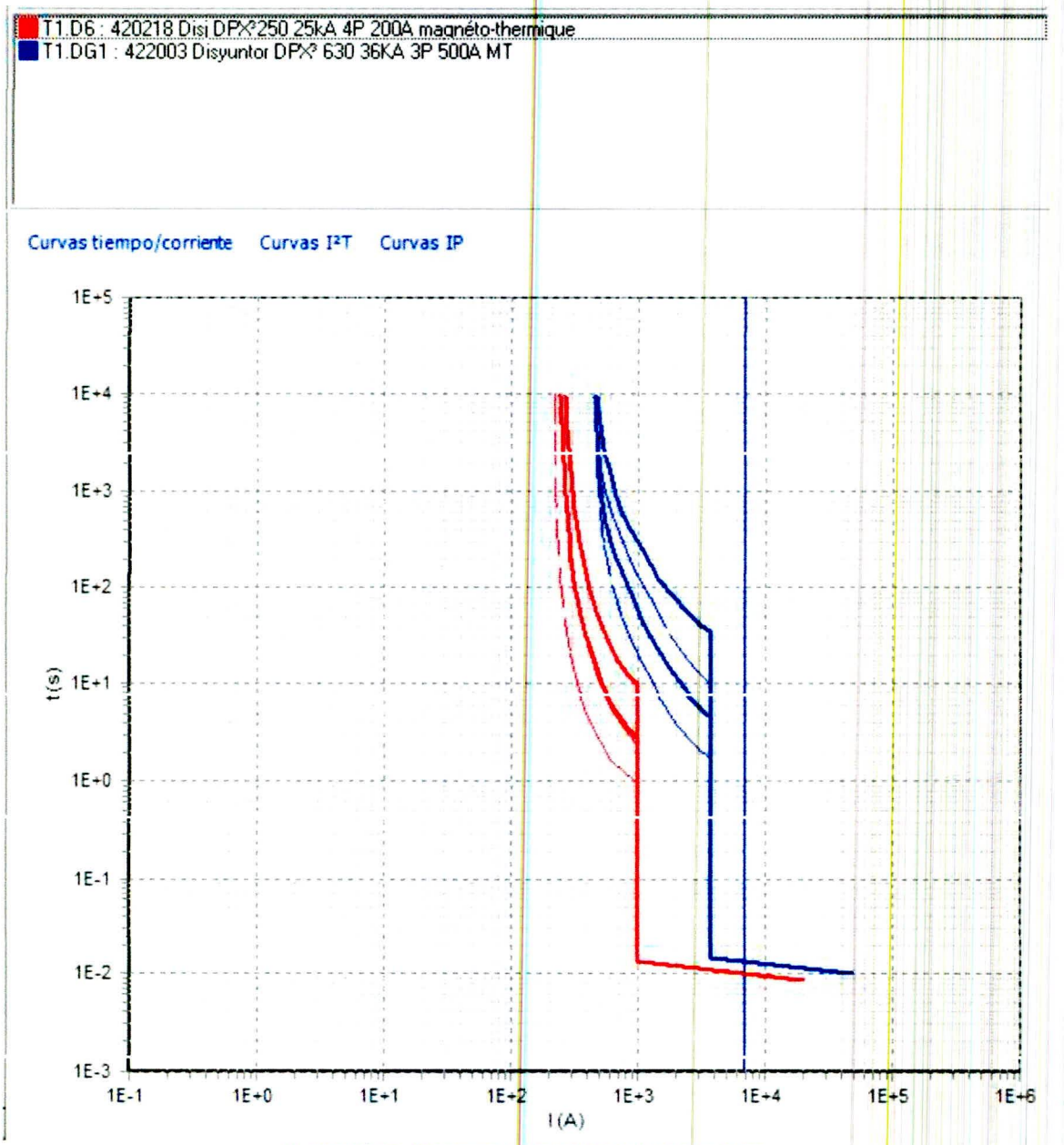


Ilustración 5. Diagrama de selectividad protecciones

f. Diagrama de selectividad para protecciones TGBT / TG-TQ2 / T-CONTROL

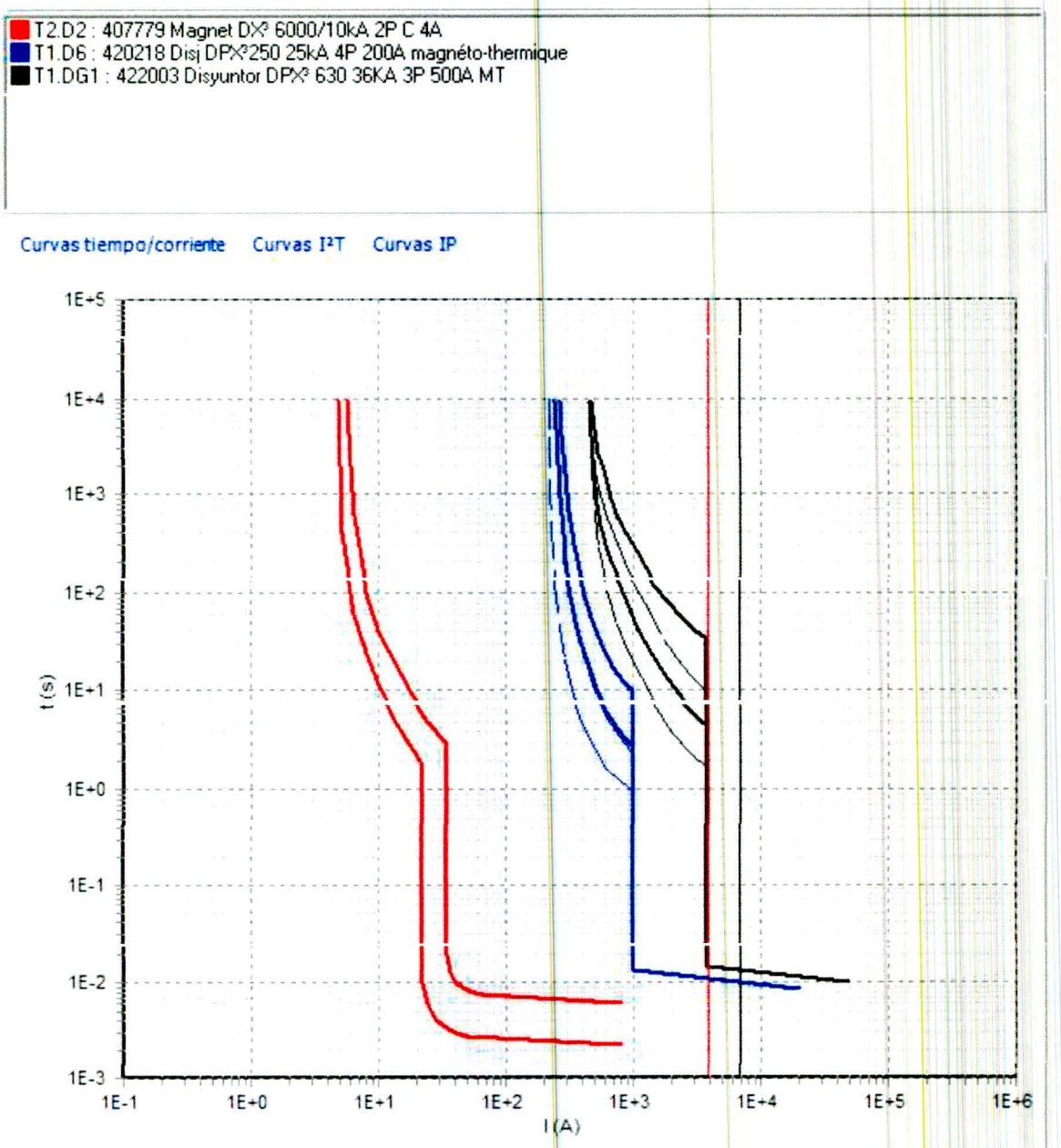


Ilustración 6. Diagrama de selectividad protecciones

g. Diagrama de selectividad para protecciones TGBT / TG-TQ2 / T-Q2

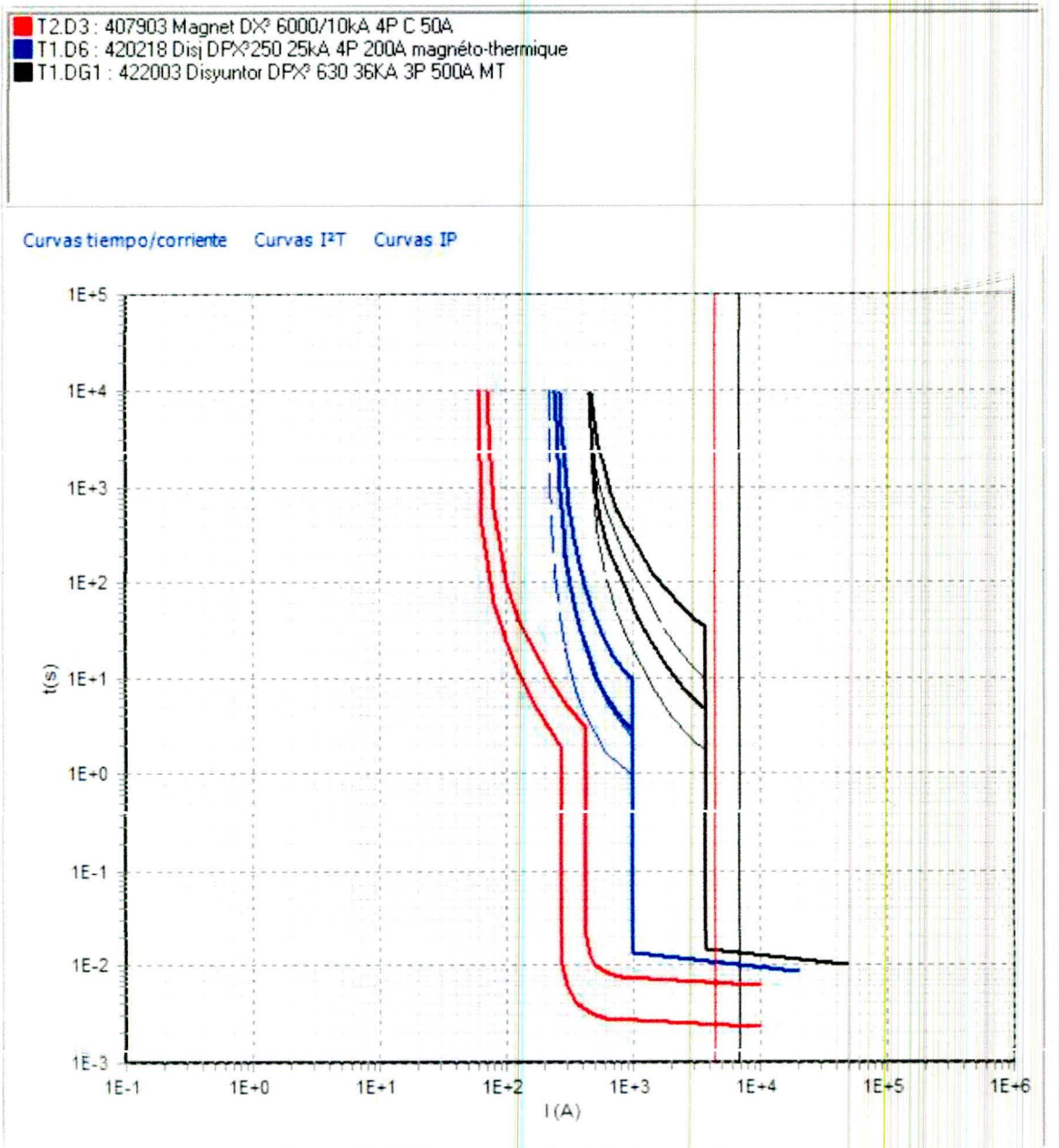


Ilustración 7. Diagrama de selectividad protecciones

8 CONCLUSIONES

Como se puede observar en las gráficas de coordinación de protecciones de tiempo contra corriente, el orden de disparo de las protecciones está adecuadamente coordinado.
Los ajustes propuestos para las protecciones se encuentran en cada uno de los diagramas de selectividad presentados.

Resumen del diseño del sistema de puesta a tierra

1	Nombre del proyecto	HCDA EL CARMEN
2	Dirección del sitio	Hacienda El Carmen, Bogotá
3	Norma	IEEE 80
4	Sistema de instalación de tierra	
5	Método de aterrizamiento	
6	Resistividad (Ωm)	60
7	Material de la superficie	
8	Resistividad de la capa de gravilla (Ωm)	2000
9	Espesor de la capa de gravilla (m)	0.2
10	Impedancia de la barra(% Z1, % Z2)	
11	Impedancia de la barra(% Z0)	
12	Impedancia de la línea(% Z1, % Z2)	
13	Impedancia de la línea(% Z0)	
14	Longitud de la línea(km)	5
15	Máxima corriente de falla a tierra (A)	1529
16	Factor de division de corriente Sf	0.2
17	Corriente a través de la malla (A)	305.8
18	Duración de la falla (s)	0.15
19	Material del conductor y calibre	
20	Material de las varillas y medida	
21	Programa de simulación	
22	Tensión de toque tolerable – persona de 50 kg (V)	1037.96
23	Tensión de Malla estimada por IEEE STD 80 (V)	0
24	Evaluación	Et50 > Em Para Em el diseño es adecuado
25	Resistencia calculada con la ecuación de Sverak, IEEE STD 80 2013(Ω)	0
26	Resistencia de la malla por medida(Ω)	5

1600

Resultados del Análisis Simplificado

No	Símbolo	Propiedades	Valor
1	-	Sistema de instalación de tierra	
2	-	Método de aterrizamiento	
3	-	Material del conductor y calibre	
4	-	Material de las varillas y medida	
5	If	Máxima corriente de falla a tierra (A)	1529
6	IG	Corriente a través de la malla (A)	0
7	Sf	Factor de division de corriente Sf	0
8	Cp	Factor de expansión del sistema	1.0
9	ρ	Resistividad (Ωm)	60
10	ρs	Resistividad de la capa de gravilla (Ωm)	2000
11	hs	Espesor de la capa de gravilla (m)	0.2
12	tf	Duración de la falla (s)	0.15
13	h	Profundidad de los conductores de la malla (m)	0.6
14	n	Factor geométrico	0
15	d	Diámetro de los conductores de la malla (m)	0.01
16	D	Distancia entre conductores paralelos (m)	5
17	LR	Longitud total de las varillas(m)	0
18	Lx	Máxima longitud de los conductores de la malla en la dirección x (m)	0
19	Ly	Máxima longitud de los conductores de la malla en la dirección y (m)	0
20	Ta	Temperatura Ambiente (°C)	32
21	Tm	Temperatura de fusión Tm (°C)	0
22	Rg	Resistencia calculada con la ecuación de Sverak, IEEE STD 80 2013(Ω)	0
23	EPR	Elevación del potencial de tierra calculado con resistencia Sverak, IEEE STD 80 2013(V)	0
24	Em	Tensión de Malla estimada por IEEE STD 80 (V)	0
25	Es	Tensión de Paso estimada por IEEE STD 80 (V)	0
26	Et70	Tensión de toque tolerable – persona de 70 kg (V)	1404.82
27	Et50	Tensión de toque tolerable – persona de 50 kg (V)	1037.96
28	Evaluación	Et50 > Em Para Em el diseño es adecuado	
29	Es70	Tensión de paso tolerable – persona de 70 kg (V)	4403.17
30	Es50	Tensión de paso tolerable – persona de 50 kg (V)	3253.3
31	Evaluación	Es50 > Es Para Es el diseño es adecuado	

Capacidad térmica TCAP [J/(cm3 °C)]		3.42
Corriente RMS (kA)		8.902
Temperatura Ambiente (°C)		32
Duración de la Corriente (s)		0.15
Sección Mínima Requerida (mm^2)		0
Selección del área del conductor (mm^2)		0