

 CONSTRUCTOR	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chicó Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

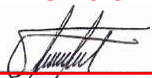
MEMORIAS DE CÁLCULO

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

SEDE CALLE 100
CRA 11 101 – 80
Factibilidad 21331240

ELABORADO POR:

ING. LUIS F CASTELLANOS C.
M.P. 205 4860 CPN

NOMBRE:	Luis Francisco Castellanos Cuesto
MATRÍCULA PROFESIONAL:	CN 205-4860
FIRMA:	
FECHA:	30 Noviembre de 2019

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

CONTENIDO

1-PRESENTACIÓN DEL PROYECTO.....	3
2-ANÁLISIS Y CUADROS DE CARGAS INICIALES Y FUTURAS, INCLUYENDO ANÁLISIS DE FACTOR DE POTENCIA Y ARMÓNICOS.	6
3-ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO.	8
4-ANÁLISIS DE NIVEL DE RIESGO POR RAYOS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS.....	11
5-ANÁLISIS DE RIESGOS DE ORIGEN ELÉCTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS.....	12
6-ANÁLISIS DEL NIVEL TENSIÓN REQUERIDO.....	31
7-CALCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNETICOS.....	32
8-CÁLCULOS DE TRANSFORMADORES.....	32
9-CALCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	34
10-VERIFICACIÓN DEL CONDUCTOR EXISTENTE Y UTILIZADO EN M.T.;	50
11-SELECCIÓN DE PROTECCIONES EN MT Y BT	53
12-CALCULO ECONOMICO DE CONDUCTORES	55
13-CALCULO DE CANALIZACIONES	57
14-CALCULOS DE PERDIDAS DE ENERGIA;	59
15-CALCULO DE REGULACIÓN.....	62
16-CALCULO MECANICO DE ESTRUCTURAS Y ELEMENTOS DE SUJECCIÓN	65
17-CALCULO CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES DE FASE Y TIERRA BAJO LOS PARAMETROS DE LA NORMA IEEE STD 242 DE 2001 o IEC 60909 DE 2001.....	66
18-CLASIFICACION DE AREAS	70
19-CÁLCULO Y ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE LOS BARRAJES.;	70
20-CALCULO Y ESPECIFICACIÓN TECNICA DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA	71
21-CALCULO Y ESPECIFICACIÓN TECNICA DE LAS BOMBAS CONTRA INCENDIOS.....	73
22-CALCULO Y ESPECIFICACIÓN TECNICA DE LOS SISTEMAS DE EMERGENCIA.....	74
23-CALCULO Y ESPECIFICACIÓN TECNICA DE LAS ELECTROBARRAS;	74
ANEXO 1CATALOGOS CELDAS EN SF6 –SIEMENS	75

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

1.0 PRESENTACION DEL PROYECTO.

1.1 Descripción del proyecto.

La normalización de la subestación Eléctrica de la sede calle 100, es un proyecto de normalización y ajuste a la normatividad vigente, del sistema eléctrico de la sede Calle 100 de la Universidad Militar Nueva Granada (UMNG), proyecto localizado en la carrera 11 101 80 de la ciudad de Bogotá, D.C. (CD37824 PF96001412).

Esta subestación se alimenta eléctricamente mediante el circuito exclusivo subterráneo a 11,4 kV proveniente de la subestación capsulada ubicada en las instalaciones del Liceo del Ejército Nacional (CD37788 PF54290910). Esta acometida termina en una celda de entrada que energiza la instalación.

En la actualidad y de acuerdo con la factura del consumo de energía eléctrica expedida por Enel-Codensa, hay una carga de 741,2 kW contratada con la cuenta No. 762524-7, nivel de tensión 2 y medidor No. 73057313. Esta factura corresponden al consumo efectuado por dos transformadores, el primero de 630 kVA para los servicios de los edificios: administrativos, auditorio, laboratorios, alumbrado y almacenamiento, el segundo de 75 kVA para los servicios de la facultad de ingeniería, ciencias económicas polideportivo, y laboratorios,

1.2 Consideraciones jurídicas.

Este proyecto no requiere trámite de Licencia de Urbanismo ni de Construcción, por las siguientes razones:

- Es un proyecto para una entidad oficial y tal como lo establece la “guia-para-la-presentacion-de-proyectos-V2-15-enero-2018”, en lo referente a estos aspectos sólo requiere el certificado de tradición y libertad.
- Dentro de la normalización que se hará de la subestación y que es objeto de este proyecto, no hay modificación a los edificios existentes, sólo se hará un cambio de equipos, dentro del cuarto de la subestación actual.

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
---------	------------	---	-----------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

1.3 Objeto.

El proyecto tiene por objeto el diseño acorde con la normatividad nacional vigente y las normas establecidas por el Operador de Red, en atención a las solicitudes hechas por el operador y las políticas de mantenimiento de la universidad, que requieren la normalización de las instalaciones de la subestación eléctrica en la sede calle 100 de la universidad militar nueva granada (UMNG).

Se realizará el cambio de los equipos eléctricos de protección, control y maniobra con tensión de servicio de 11,4 kV y los tableros de baja tensión que no cumplan la normatividad vigente, permitiendo la optimización operativa de la subestación.

1.4 Alcance.

Este proyecto, como su nombre lo indica, consiste en una normalización de los equipos de la subestación eléctrica de la sede calle 100, reemplazando los equipos existentes por los siguientes equipos:

- La celda de entrada.
- La celda de salida.
- La celda de medida.
- Celdas de protección para dos transformadores de 400 kVA.
- Celdas de los dos transformadores de 400 kVA.
- Dos transformadores de 400 kVA, en reemplazo de los existentes de 630 y 75 kVA
- Transferencia en BT.
- Tablero de distribución general TDG en BT.

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
---------	------------	---	-----------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

Se recalca que el alcance del presente proyecto no incluye el cambio del conductor de acometida existente a 11,4 kV, ni el cambio en la carga contratada. Así mismo que ésta es una instalación institucional de carácter educativo público.

1.5 Localización.

El proyecto se encuentra situado en el barrio Chico Sector II de la localidad de Usaquén en la ciudad de Bogotá, D.C. en la CR 11 101 80.

1.6 Propietario.

El proyecto es propiedad de la UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA.

1.7 Normatividad.

Los diseños y verificación de parámetros eléctricos que se realizarán cumplirán con los requisitos aplicables de las siguientes normas:

- RETIE REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS.
- RETILAP REGLAMENTO TÉCNICO DE ILUMINACIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO.
- NTC 2050 CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO.
- ANSI/IEEE 80 GUIDE FOR SAFETY IN AC SUBSTATION GROUNDING.
- IEEE 142 RECOMMENDED PRACTICE FOR INDUSTRIAL AND COMMERCIAL POWER SYSTEMS.
- IEEE 1100 RECOMMENDED PRACTICE FOR POWERING AND GROUNDING ELECTRONIC EQUIPMENT.
- IEC 62305-3 PROTECTION AGAINST LIGHTNING. PART 3, PHYSICAL DAMAGE TO STRUCTURES AND LIFE HAZARD.

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
---------	------------	---	-----------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

2.0 ANÁLISIS Y CUADROS DE CARGAS INICIALES Y FUTURAS, INCLUYENDO ANÁLISIS DE FACTOR DE POTENCIA Y ARMÓNICOS.

2.1 Cuadro de cargas existentes y futuras a 11,4 kV.

En la siguiente tabla se muestran las cargas instaladas a 208 V junto con sus características básicas, con las que se calcularán más adelante, los circuitos alimentadores.

	Descripción	Potencia nominal ⁽¹⁾ [kW]	THD ⁽²⁾ [p.u.]	Potencia con armónicos [kW]	Tensión nominal ⁽³⁾ [kV]	Factor de potencia ⁽⁴⁾ [p.u.]	Potencia aparente [kVA]	Factor de diversidad ⁽⁵⁾ [p.u.]	Potencia total [kVA]
TRANSFORMADOR	BLOQUE E	149,40	0,08	162,39	0,208	0,94	172,76	0,20	34,6
	ECONOMIA BLOQUE H	87,20	0,08	94,78	0,208	0,94	100,83	0,10	10,1
	BLOQUE F	79,50	0,08	86,41	0,208	0,94	91,93	0,30	27,6
	DERECHO EDIFICIO	74,74	0,08	81,24	0,208	0,94	86,42	0,30	25,9
	ATS NO. 2	62,30	0,08	67,72	0,208	0,94	72,04	0,20	14,4
	ADMINISTRATIVO	62,30	0,08	67,72	0,208	0,94	72,04	0,40	28,8
	BLOQUE D INGENIERIA	62,30	0,08	67,72	0,208	0,94	72,04	0,40	28,8
	EQUIPO 1 MECANICA	31,10	0,08	33,80	0,208	0,94	35,96	0,50	18,0
	EQUIPO 2 MECANICA	31,10	0,08	33,80	0,208	0,94	35,96	0,50	18,0
	HIDRAULICA	24,90	0,08	27,07	0,208	0,94	28,79	0,40	11,5
	BLOQUE A	124,50	0,08	135,33	0,208	0,94	143,96	0,20	28,8
	BLOQUE B	24,90	0,08	27,07	0,208	0,94	28,79	0,40	11,5
	6 RVAS	352,00	0,08	382,61	0,208	0,94	407,03	0,28	111,9
	SUBTOTAL TDG-MA								369,9
TRANSFORMADOR	AULA MAXIMA	99,60	0,08	108,26	0,208	0,94	115,17	0,50	57,6
	INGENIERIA LABORATORIO	99,60	0,08	108,26	0,208	0,94	115,17	0,30	34,6
	CANCHA CERVANTES	62,30	0,08	67,72	0,208	0,94	72,04	0,20	14,4
	CUARTO MAQUINAS	41,20	0,08	44,78	0,208	0,94	47,64	0,40	19,1
	LOBRA	41,20	0,08	44,78	0,208	0,94	47,64	0,60	28,6
	ASCENSOR MINUSVAL	24,90	0,08	27,07	0,208	0,94	28,79	0,50	14,4
	INYECTORA	24,90	0,08	27,07	0,208	0,94	28,79	0,20	5,8
	COMCEL	24,90	0,08	27,07	0,208	0,94	28,79	0,70	20,2
	POST GRADO	24,90	0,08	27,07	0,208	0,94	28,79	0,50	14,4
	LUCES NAVIDAD	24,90	0,08	27,07	0,208	0,94	28,79	0,10	2,9
	ASCENSOR ADMON	14,95	0,08	16,25	0,208	0,94	17,29	0,70	12,1
	ADMINISTRACION	9,95	0,08	10,82	0,208	0,94	11,51	0,70	8,1
	INGENIERIA	7,45	0,08	8,10	0,208	0,94	8,61	0,60	5,2
	GUARDIA	7,50	0,08	8,15	0,208	0,94	8,67	0,80	6,9
	ECONOMIA	7,45	0,08	8,10	0,208	0,94	8,61	0,70	6,0
	DERECHO AUDITORIO	7,45	0,08	8,10	0,208	0,94	8,61	0,70	6,0
	ALUMBRADO PUBLICO	17,30	0,08	18,80	0,208	0,94	20,00	0,50	10,0
	TALLER	74,74	0,08	81,24	0,208	0,94	86,42	0,10	8,6
	6 RVAS	245,72	0,08	267,09	0,208	0,94	284,14	0,34	96,6
	SUBTOTAL TDG-MB								371,3
	TOTAL TDG								741,2

Tabla 2.1 Cargas instaladas en el proyecto

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
---------	------------	---	-----------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

Notas a los datos de la Tabla 2.1:

- (1) Para los equipos se ha calculada para plena carga.
- (2) Tomado del reporte de Mantenimiento, medida en la acometida principal.
- (3) Mediciones en campo.
- (4) Tomado del reporte de Mantenimiento, medida en la acometida principal.
- (4) Tomado del reporte de Mantenimiento.

2.2 Análisis de factor de potencia.

De las mediciones efectuadas por la dirección de mantenimiento se evidencia que el factor de potencia es de 0,99 para la carga del proyecto, valor alto y superior al mínimo exigido en la Resolución CREG 108 de 1997 en su artículo 25: “Artículo 25°. Control al Factor de Potencia en el Servicio de Energía Eléctrica. En la prestación del servicio público domiciliario de energía eléctrica, se controlará el factor de potencia de los suscriptores o usuarios no residenciales, y de los residenciales conectados a un nivel de tensión superior al uno (1). Parágrafo 1°. El factor de potencia inductiva (coseno phi inductivo) de las instalaciones deberá ser igual o superior a punto noventa (0.90). La empresa exigirá a aquellas instalaciones cuyo factor de potencia inductivo viole este límite, que instale equipos apropiados para controlar y medir la energía reactiva.” En consecuencia no es necesaria la implantación de solución para mejorar o corregir el factor de potencia, es decir, no se requieren condensadores para la corrección del factor de potencia.

2.3 Análisis de armónicos.

En la misma fuente se encuentra que los armónicos totales de corriente medidos para demanda máxima actual, tienen valor equivalente de 7,98%.

2.4 Observaciones.

Se recalca que las mediciones efectuadas por la dirección de mantenimiento, muestra un nivel de distorsión armónica total en corriente (THDi) inferior al 8%, inferior al límite máximo permitido.

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
---------	------------	---	-----------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA DG 60 22A 32 Tel. (571) 248 3351 comercial@rmsingenieria.com

2.5 Estudio de calidad de potencia.

La UMNG realiza, dentro de sus actividades de mantenimiento en forma regular, el monitoreo de las cargas donde se recolecta información relacionada con la distorsión armónica de tensión THDv, la distorsión total de la demanda TDD, la máxima corriente de distorsión armónica individual, el PST y PLT (Flicker), desbalance de tensión (V2/V1), generación de sags, swells o interrupciones menores a un minuto y el factor de potencia, de acuerdo con los estándares internacionales IEEE 519 de 1992, IEEE 1159 de 1995, IEC 61000-4-30 e IEC 61000-4-15 publicados en 2008, encontrándose el valor máximo referido.

3.0 ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO.

3.1 Análisis a 11,4 kV.

La subestación eléctrica está alimentada a 11,4 kV. Todos los componentes que operarán en este nivel de tensión estarán certificados para operar a una tensión nominal superior a la tensión de alimentación y los equipos tendrán un nivel básico de aislamiento de acuerdo con las normas ANSI/IEC, por lo cual se garantiza que bajo condiciones normales de instalación, operación y mantenimiento no se presentarán salidas de servicio por falla del aislamiento eléctrico.

Para garantizar la protección del sistema eléctrico de media tensión a 11,4 kV en la subestación eléctrica, por sobretensiones que ocasionalmente se pudieran presentar, correspondientes a sobretensiones temporales, de maniobra o atmosféricas, se dispone de pararrayos en la entrada de la acometida como lo indica la norma técnica “CS generalidades 3.1 Generalidades cables subterráneos” de Enel-Codensa S.A. ESP. En adición se reforzará el sistema de puesta a tierra existente que se verificará más adelante, en el capítulo 9 “Cálculo del Sistema de Puesta a Tierra”.

Los pararrayos cumplirán con la Especificación Técnica E-MT-031 “PARARRAYOS DE DISTRIBUCIÓN MT” de Enel-Codensa S.A. ESP. Bajo estas condiciones se garantiza la coordinación de aislamiento eléctrico en el nivel de 11,4 kV. Las características técnicas principales de la red y de los pararrayos se transcriben a

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
Página 8 de 85			

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

continuación, tomadas de la tabla mostrada en el Anexo No. 1 de la Especificación Técnica E-MT-031:

- VLL 11,4 kV
- VLL máx. 12,5 kV
- Tiempo máximo de sobretensión 10.000 s
- BIL 95 kV
- Ur 12 kV
- Uc 10,2 kV
- Corriente de descarga nominal (8/20µs) 10 kA
- Tipo Oxido metálico de zinc ZnO

Los equipos de media tensión que serán instalados en la subestación eléctrica Usaquén tendrán las siguientes características principales:

ELEMENTO	TENSIÓN DE SERVICIO [kV]	TENSIÓN NOMINAL [kV]	NIVEL BÁSICO DE AISLAMIENTO AL IMPULSO – BIL [kV]
Celdas de entrada, medida y distribución	11,40	17,50	95

Tabla 3.1 Tensiones nominales y BIL de los equipos en media tensión.

Los cables aislados que utilizados en media tensión tienen las siguientes características de aislamiento:

ELEMENTO	TENSIÓN DE SERVICIO [kV]	NIVEL DE AISLAMIENTO [kV]
Cables XLPE de acometida	11,40	15

Tabla 3.2 Tensiones nominales de los cables aislados en media tensión.

3.2 Análisis en baja tensión.

Para las instalaciones en baja tensión de la sede CII 100, que operan a 208/120 V y cuyos componentes más sencillos están certificados con un nivel de aislamiento superior a la tensión de operación, se garantiza que bajo condiciones normales de

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
---------	------------	---	-----------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

instalación, operación y mantenimiento, no se presentarán salidas de servicio por falla del aislamiento eléctrico.

Las posibles sobretensiones que pudieran presentarse en baja tensión están controladas mediante los dispositivos de protección contra sobretensiones (DPS Categorías I, II y III) instalados en los tableros de distribución. Estos DPS son descargadores de sobretensión de óxido metálico. Los DPS cumplen con la norma IEC61653.

Bajo estas condiciones se garantiza la coordinación de aislamiento eléctrico en el nivel de tensión de 208/120 V. Las características técnicas principales de la red y de los DPS en baja tensión se transcriben a continuación, del catalogo del fabricante (OBO BETTERMANN DPS Modelo MCD 50)

• Tensión de servicio	208/120 V
• Tensión máxima de servicio	229 V
• Neutro	Rígido a tierra
• Tensión nominal del descargador	230 V
• Tensión máxima de operación continua MCOV	255 V
• Corriente nominal de descarga 50/350 ms	50 kA
• Tensión residual	<1,3 kV

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

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

4.1 Antecedentes.

La edificación cuenta con sistema de puesta a tierra, que garantiza la igualdad de los potenciales en toda la instalación existente y con un sistema de protección interno contra sobretensiones clase I, II y III. El sistema de puesta tierra está conformado básicamente por un conductor de cobre desnudo calibre 2/0 AWG, enterrado, en configuración de malla con varillas de cobre en sus extremos, las que contribuyen a direccionar las corrientes de rayo a tierra, para así disipar su energía de forma fácil y segura. En adición, se dispone de un conductor de cobre desnudo que acompaña los conductores dentro de las canalizaciones a lo largo de su recorrido por las instalaciones, y se conecta con la malla de puesta a tierra, derivando la energía de las corrientes de falla, al sistema de tierra, garantizando la adecuada operación de las protecciones del sistema eléctrico.

4.3 Objeto.

La normalización técnica de la Subestación eléctrica sede de la calle 100 cuenta con sistema de protección contra rayos acorde con la norma técnica colombiana de protección contra rayos (NTC 4552).

4.3 Conclusiones.

La UMNG implantó un sistema integral de protección contra rayos, que garantiza el control de las sobretensiones que pudieran presentarse, el sistema de protección interna está conformado por descargadores de sobretensiones DPS. En adición dando cumplimiento a la norma NTC 4552 y el RETIE, así como a las normas IEC 62305 y NFPA 780, que subrayan la importancia de la adecuada igualación de potenciales del SIPRA (Sistema Integral de Protección contra Rayos) para el control de arcos eléctricos que puedan generar situaciones de riesgo, se garantizará la

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
			Página 11 de 85

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

continuidad eléctrica ofrecida por el sistema de protección y los sistemas de distribución eléctrica.

En consecuencia el sistema de puesta tierra está conformado básicamente por conductores de cobre desnudo enterrados, en configuración de malla con varillas de cobre en sus extremos, que contribuyen a direccionar las corrientes de rayo a tierra, para así disipar su energía de forma fácil y segura.

Este sistema de puesta a tierra de la subestación está integrado al sistema existente de forma que serán igualados todos los potenciales en todas las instalaciones de la sede CII 100.

5.0 ANÁLISIS DE RIESGOS DE ORIGEN ELÉCTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS.

5.1 Objetivo.

Realizar la evaluación del análisis de riesgo de origen eléctrico y las medidas para mitigarlos, de tal forma que se reduzca este riesgo a los niveles permitidos, garantizando la seguridad para las personas, demás seres vivos y bienes materiales que se encuentren en las instalaciones de la Universidad Militar Nueva Granada sede Calle 100.

5.2 Consideraciones.

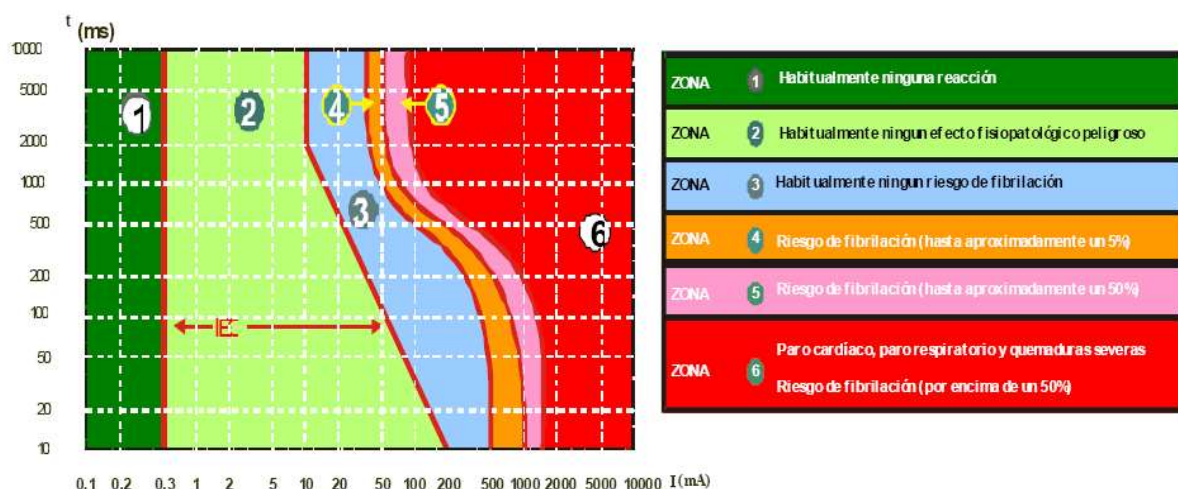
De acuerdo con el artículo 5, capítulo 1 del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE (2013), en el que se establecen técnicas para definir, clasificar y evaluar los factores de riesgo y la adopción de las medidas para su control, se han tenido en cuenta los criterios establecidos en las normas sobre el soporte de la corriente eléctrica en los seres humanos y animales, tomados de la gráfica de la norma NTC 4120, con referencia a la IEC 60479-2, que indica las zonas de los efectos de la corrientes alternas de 15 Hz a 100 Hz.

Los equipos de protección y aislamiento a reemplazar (según normas constructivas de Enel-Codensa) y de acuerdo con el nivel de tensión de 11,4 kV solicitado para la

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
---------	------------	---	-----------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

alimentación eléctrica de la sede Calle 100, según factibilidad 21331240, soportarán corrientes que se encuentran en la zona 6 de la siguiente figura.



5.3 Matriz de riesgo.

Considerando las características físicas constructivas de la edificación, las áreas definidas para el equipamiento eléctrico, que tendrá redes de media tensión, al igual que las celdas de entrada y medida, teniendo en cuenta que las operaciones de la red y los equipos de maniobra y protección contenidos en las celdas son de acceso restringido y que serán operadas por personal calificado competente, debidamente certificado, exclusivo de Enel-Codensa; se aplicará la metodología de evaluación para todos los posibles riesgos asociados al uso de la electricidad en la sede Calle 100. La evaluación se realiza utilizando la matriz de evaluación de riesgo (Tabla 9.3) y la metodología indicada en el artículo 9.2 (EVALUACIÓN DE RIESGO) del RETIE.

En las siguientes figuras se muestran las matrices de evaluación de riesgo para los diferentes riesgos eléctricos, que puede presentarse en la instalación eléctrica.

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
---------	------------	---	-----------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

5.3.1 Evaluación de riesgo por contacto directo.

ELECTROCUCION por CONTACTO DIRECTO en INTERIOR CELDAS O TABLEROS					EVENTO O EFECTO FACTOR DE RIESGO CAUSA FUENTE				
					FRECUENCIA				
Valor del Nivel	En Personas	Económicas	Ambientales	Imagen	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
5	1 o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	Medio	Alto	Alto	Alto	Muy alto
4	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida subestación	Contaminación mayor	Nacional	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto
3	Incapacidad temporal (>1 día)	Daño severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	Bajo	Medio	Medio	Medio	Alto
2	Lesión menor (sin incapacidad)	Daño importantes. Interrupción breve.	Efecto menor	Local	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio
1	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. Interrupción	Sin efecto	Interna	Muy bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
OBSERVACIONES : Revisados los cuatro aspectos sobre las consecuencias de riesgo de contacto directo se encuentra que el riesgo mas alto es sobre la integridad de las personas. Obtenemos un nivel de riesgo con valor medio Se tomaran las medidas para mitigar este riesgo y los demás presentes en el proyecto a niveles mínimos									

Figura 5.2 Matriz de riesgo por contacto directo.

Para disminuir el riesgo se adoptarán las siguientes medidas:

- Las instalaciones eléctricas de propiedad del usuario final ubicadas en la frontera comercial (medidor y celdas) serán intervenidas por personal competente, debidamente certificado, conocedor de los riesgos y dotado de elementos de protección, cuando los deba intervenir.
- La carcasa de los tableros y demás elementos metálicos no activos; pero conductores de la electricidad; están debidamente aterrizados al sistema de puesta a tierra.
- Los equipos a manipular por el usuario, están debidamente aterrizados y poseen frente muerto, tal que bajo condiciones de falla, las protecciones actuarán dentro de los límites, limitando los niveles de tensión y corriente a valores tolerables por el ser humano, establecidos por las normas.

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
---------	------------	---	-----------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

- El usuario usará los equipos de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

5.3.2 Evaluación de riesgo por ausencia de tensión.

		AUSENCIA DE ELECTRICIDAD por EVENTO O EFECTO			FALLA O NO PAGO en FACTOR DE RIESGO CAUSA		RED PUBLICA DE SUMINISTRO FUENTE		
					FRECUENCIA				
Valor del Nivel	En Personas (No aplica)	Económicas	Ambientales	Imagen	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
5	1 o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	Medio	Alto	Alto	Alto	Muy alto
4	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida subestación	Contaminación mayor	Nacional	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto
3	Incapacidad temporal (>1 día)	Daño severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	Bajo	Medio	Medio	Medio	Alto
2	Lesión menor (sin incapacidad)	Daño importantes. Interrupción breve.	Efecto menor	Local	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio
1	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	Muy bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
OBSERVACIONES : Revisados los cuatro aspectos sobre las consecuencias de riesgo de ausencia de electricidad se encuentra que el riesgo mas alto es sobre la economía de las personas. Obtenemos un nivel de riesgo con valor medio Se tomaran las medidas para mitigar este riesgo y los demás presentes en el proyecto a niveles mínimos									

Figura 5.3 Matriz de riesgo por ausencia de tensión.

Para disminuir el riesgo se adoptarán las siguientes medidas:

- Las instalaciones cuentan con grupos electrógenos de respaldo, para minimizar los riesgos asociados a una falla de energía (ausencia de tensión).
- La Electrificadora energizará sus redes en condiciones adecuadas al momento de reposición del servicio.
- El usuario desconectará sus instalaciones y equipos al momento del corte de energía, manteniéndolos así hasta que se restablezca el servicio y los energizará un lapso de tiempo después de ser energizadas las redes.

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

5.3.3 Evaluación de riesgo por arco eléctrico.

		ELECTROCUCIÓN o INCENDIO por EVENTO O EFECTO			ARCO ELECTRICO en FACTOR DE RIESGO CAUSA		CELDAS Y GABINETES FUENTE		
					FRECUENCIA				
Valor del Nivel	En Personas	Económicas	Ambientales	Imagen	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
5	1 o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	Medio	Alto	Alto	Alto	Muy alto
4	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida subestación	Contaminación mayor	Nacional	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto
3	Incapacidad temporal (>1dia)	Daño severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	Bajo	Medio	Medio	Medio	Alto
2	Lesión menor (sin incapacidad)	Daño importantes. Interrupción breve.	Efecto menor	Local	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio
1	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. Interrupción	Sin efecto	Interna	Muy bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
OBSERVACIONES:									
Revisados los cuatro aspectos sobre las consecuencias de riesgo de electrocución o incendio por arco eléctrico se encuentra que el riesgo mas alto es sobre la integridad de las personas, obtenemos un nivel de riesgo con valor medio									
Se tomaran las medidas para mitigar este riesgo y los demás presentes en el proyecto a niveles mínimos									

Figura 5.4 Matriz de riesgo por arco eléctrico.

Para disminuir el riesgo se adoptarán las siguientes medidas:

- El usuario contará con el servicio de mantenimiento preventivo para revisar y ajustar las conexiones. Dicho mantenimiento lo hará personal idóneo contando con los EPP necesarios y siguiendo los protocolos de trabajo eléctrico seguro.
- El usuario contará con personal idóneo para hacer reparación y mantenimiento o informará al operador de red según sea el caso.
- El equipamiento eléctrico tendrá certificados de Producto RETIE.
- Los equipos a manipular por el usuario, están debidamente aterrizados y poseen frente muerto, tal que bajo condiciones de falla, las protecciones actuarán dentro de los límites permitidos, reduciendo los niveles de tensión y corriente a los valores tolerables por el ser humano, establecidos por las normas.
- El usuario usará los equipos de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
---------	------------	---	-----------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

- Las instalaciones están diseñadas para garantizar que no se superen los umbrales de tensión que puedan causar daño físico a las personas, establecidos por el RETIE.

5.3.4 Evaluación de riesgo por contacto indirecto.

ELECTROCUCION		CONTACTO INDIRECTO en			CELDAS Y GABINETES				
EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO CAUSA			FUENTE				
					FRECUENCIA				
Valor del Nivel	En Personas	Económicas	Ambientales	Imagen	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
5	1 o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	Medio	Alto	Alto	Alto	Muy alto
4	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida substación	Contaminación mayor	Nacional	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto
3	Incapacidad temporal (>1dia)	Daño severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	Bajo	Medio	Medio	Medio	Alto
2	Lesión menor (sin incapacidad)	Daño importantes. Interrupción breve.	Efecto menor	Local	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio
1	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. Interrupción	Sin efecto	Interna	Muy bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
OBSERVACIONES :									
Revisados los cuatro aspectos sobre las consecuencias de riesgo de electrocución por contacto directo, se encuentra que el riesgo mas alto es sobre la integridad de las personas, aunque obtenemos un nivel de riesgo medio.									
Se tomaran las medidas para mitigar este riesgo y los demás presentes en el proyecto a niveles mínimos.									

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

- Los equipos a manipular por el usuario, están debidamente aterrizados y poseen frente muerto, tal que bajo condiciones de falla, las protecciones actuarán dentro de los límites, limitando los niveles de tensión y corriente a valores tolerables por el ser humano, establecidos por las normas.
- El usuario usará los equipos de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

5.3.5 Evaluación de riesgo por cortocircuito.

INCENDIO					CORTO CIRCUITO en					CONDUCTORES - EQUIPOS				
EVENTO O EFECTO					FACTOR DE RIESGO CAUSA					FUENTE				

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

- El equipamiento eléctrico tendrá certificados de Producto RETIE.
- Las protecciones instaladas están diseñadas para despejar fallas por cortocircuito o sobrecarga, impidiendo que los conductores y demás elementos constitutivos de las instalaciones, sufran incrementos de temperatura que propicien la creación de llama o incendio.
- Los equipos a manipular por el usuario, están debidamente aterrizados y poseen frente muerto, tal que bajo condiciones de falla, las protecciones actuarán dentro de los límites, limitando los niveles de tensión y corriente a valores tolerables por el ser humano, establecidos por las normas.
- El usuario usará los equipos de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, sus normas operativas para cumplir sus acuerdos comerciales.

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

5.3.6 Evaluación de riesgo por electricidad estática.

		ELECTROCUCIÓN por EVENTO O EFECTO		ELECTRICIDAD ESTÁTICA FACTOR DE RIESGO CAUSA		AMBIENTALES - FISICOS FUENTE			
					FRECUENCIA				
Valor del Nivel	En Personas	Económicas	Ambientales (No Aplica)	Imagen	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
5	1 o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	Medio	Alto	Alto	Alto	Muy alto
4	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida subestación	Contaminación mayor	Nacional	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto
3	Incapacidad temporal (>1dia)	Daño severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	Bajo	Medio	Medio	Medio	Alto
2	Lesión menor (sin incapacidad)	Daño importantes. Interrupción breve.	Efecto menor	Local	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio
1	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No Interrupción	Sin efecto	Interna	Muy bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
OBSERVACIONES :									
Revisados los cuatro aspectos sobre las consecuencias de riesgo de electricidad estática, se encuentra que éste es sobre la integridad de los equipos. Obtenemos un nivel de riesgo con valor bajo. Por esto no se requiere tomar medidas para mitigar este riesgo.									

Figura 5.7 Matriz de riesgo por electricidad estática.

Para disminuir el riesgo se adoptarán las siguientes medidas:

- El usuario evitará el uso de materiales que puedan crear o conservar energía estática.
- El usuario no manipulará elementos o materiales explosivos o que puedan generar ignición por causa de cargas estáticas.
- La carcasa de los tableros y demás elementos metálicos no activos; pero conductores de la electricidad; están debidamente aterrizados al sistema de puesta a tierra.
- El equipamiento eléctrico tendrá certificados de Producto RETIE.

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

5.3.7 Evaluación de riesgo por ausencia de electricidad.

		AUSENCIA DE ELECTRICIDAD por EVENTO O EFECTO			FALLA O NO PAGO FACTOR DE RIESGO CAUSA		en RED PUBLICA DE SUMINISTRO FUENTE		
					FRECUENCIA				
Valor del Nivel	En Personas (No aplica)	Económicas	Ambientales	Imagen	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
5	1 o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	Medio	Alto	Alto	Alto	Muy alto
4	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida subestación	Contaminación mayor	Nacional	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto
3	Incapacidad temporal (>1 día)	Daño severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	Bajo	Medio	Medio	Medio	Alto
2	Lesión menor (sin incapacidad)	Daño importantes. Interrupción breve.	Efecto menor	Local	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio
1	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No Interrupción	Sin efecto	Interna	Muy bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
OBSERVACIONES : Revisados los cuatro aspectos sobre las consecuencias de riesgo de ausencia de electricidad se encuentra que el riesgo mas alto es sobre la economía de las personas. Obtenemos un nivel de riesgo con valor medio Se tomaran las medidas para mitigar este riesgo y los demás presentes en el proyecto a niveles mínimos									

Figura 5.8 Matriz de riesgo por ausencia de electricidad.

Para disminuir el riesgo se adoptarán las siguientes medidas:

- El usuario programará el pago de del servicio.
- El usuario del servicio contará con el servicio de mantenimiento preventivo para revisar y ajustar las conexiones. Dicho mantenimiento lo hará personal idóneo contando con los EPP necesarios.
- La Electrificadora energizará sus redes en condiciones adecuadas si fue necesaria la reposición del servicio.
- El usuario tendrá acceso a las protecciones internas (tablero de interruptores) para des energizar sus instalaciones y equipos al momento de presentarse un daño o avería a cualquiera de sus equipos.
- El equipamiento eléctrico tendrá certificados de Producto RETIE.
- El usuario usará los equipos de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

5.3.8 Evaluación de riesgo por rayos.

		ELECTROCUCIÓN EVENTO O EFECTO		RAYOS en FACTOR DE RIESGO CAUSA		FENOMENO NATURAL FUENTE			
						FRECUECIA			
Valor del Nivel	En Personas (No aplica)	Económicas	Ambientales (No Aplica)	Imagen	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
5	1 o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	Medio	Alto	Alto	Alto	Muy alto
4	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida subestación	Contaminación mayor	Nacional	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto
3	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	Bajo	Medio	Medio	Medio	Alto
2	Lesión menor (sin incapacidad)	Daño importantes. Interrupción breve.	Efecto menor	Local	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio
1	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. Interrupción	Sin efecto	Interna	Muy bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
OBSERVACIONES: Revisados los cuatro aspectos sobre las consecuencias de riesgo de electrocución por rayo se encuentra que el riesgo mas alto es sobre la integridad de las personas. Al realizar la evaluación de riesgo acorde a la NTC45552, obtenemos un nivel de riesgo con valor bajo, que no requiere medidas especiales. Se tomaran las medidas para mitigar este riesgo y los demás presentes en el proyecto a niveles mínimos									

Figura 5.9 Matriz de riesgo por rayos.

Para disminuir el riesgo se adoptarán las siguientes medidas:

- El usuario está informado de las medidas que debe tomar en caso de presencia de tormentas eléctricas y rayos.
- El usuario no manipulará las instalaciones eléctricas durante la presencia de la tormenta.
- La carcasa de los tableros y demás elementos metálicos no activos; pero conductores de la electricidad; están debidamente aterrizados al sistema de puesta a tierra.
- El equipamiento eléctrico tendrá certificados de Producto RETIE.
- El usuario usará los equipos de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- Las instalaciones están diseñadas para garantizar que no se superen los umbrales de tensión que puedan causar daño físico a las personas, establecidos por el RETIE.

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
---------	------------	---	-----------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

- Las instalaciones cuentan con un SIPRA nivel II, acorde con la norma NTC 4552-2-2008 (IEC 62305-2).

5.3.9 Evaluación de riesgo por sobrecarga.

		FALLA EN SERVICIO EVENTO O EFECTO			SOBRECARGA FACTOR DE RIESGO CAUSA		MAL USO DE INSTALACION FUENTE		
							FRECUECIA		
Valor del Nivel	En Personas (No aplica)	Económicas	Ambientales (No Aplica)	Imagen	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
5	1 o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	Medio	Alto	Alto	Alto	Muy alto
4	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida subestación	Contaminación mayor	Nacional	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto
3	Incapacidad temporal (>1dia)	Daño severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	Bajo	Medio	Medio	Medio	Alto
2	Lesión menor (sin incapacidad)	Daño importantes. Interrupción breve.	Efecto menor	Local	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio
1	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. Interrupción	Sin efecto	Interna	Muy bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
OBSERVACIONES : Revisados los cuatro aspectos sobre las consecuencias de riesgo de sobrecarga se encuentra que el riesgo mas alto es sobre la integridad de las personas. Obtenemos un nivel de riesgo con valor bajo Se tomaran las medidas para mitigar este riesgo y los demás presentes en el proyecto a niveles mínimos									

Figura 5.10 Matriz de riesgo por sobrecarga.

Para disminuir el riesgo se adoptarán las siguientes medidas:

- El usuario del servicio contará con el servicio de mantenimiento preventivo para revisar y ajustar las conexiones, reparar o cambiar equipos o equipos. Dicho mantenimiento lo hará personal idóneo contando con los EPP necesarios.
- Las protecciones implementadas cuentan con disparo automático por sobre carga, para despejar este tipo de contingencia.

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

5.3.10 Evaluación de riesgo por tensión de paso.

		ELECTROCUCIÓN por EVENTO O EFECTO			TENSION DE PASO en FACTOR DE RIESGO CAUSA		ZONAS DE CELDAS Y GABINETES FUENTE		
					FRECUENCIA				
Valor del Nivel	En Personas	Económicas	Ambientales (No Aplica)	Imagen (No Aplica)	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
5	1 o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	Medio	Alto	Alto	Alto	Muy alto
4	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida subestación	Contaminación mayor	Nacional	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto
3	Incapacidad temporal (>1dia)	Daño severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	Bajo	Medio	Medio	Medio	Alto
2	Lesión menor (sin incapacidad)	Daño importantes. Interrupción breve.	Efecto menor	Local	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio
1	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. Interrupción	Sin efecto	Interna	Muy bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
OBSERVACIONES : Revisados los cuatro aspectos sobre las consecuencias de riesgo de paso se encuentra que el riesgo es sobre la integridad de las personas, con nivel medio Por esto no se requiere tomar medidas para mitigar este riesgo.									

Figura 5.11 Matriz de riesgo por tensión de paso.

Para disminuir el riesgo se adoptarán las siguientes medidas:

- El usuario está informado de las medidas que debe tomar en caso de presencia de tormentas eléctricas y rayos.
- La carcasa de los tableros y demás elementos metálicos no activos; pero conductores de la electricidad; están debidamente aterrizados al sistema de puesta a tierra.
- El equipamiento eléctrico tendrá certificados de Producto RETIE.
- Las instalaciones están diseñadas para garantizar que no se superen los umbrales de tensión que puedan causar daño físico a las personas, establecidos por el RETIE.
- El usuario usará los equipos de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
---------	------------	---	-----------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

- El usuario no manipulará las instalaciones o equipos afectados y contará con personal idóneo para hacer reparación y mantenimiento o informará al operador de red según sea el caso.

5.3.11 Evaluación de riesgo por tensión de contacto.

ELECTROCUCIÓN por EVENTO O EFECTO					TENSION DE CONTACTO en FACTOR DE RIESGO CAUSA					CARCAZA DE CELTAS TABLEROS Y MOTORES FUENTE				
E					D					C				
B					A					FRECUECIA				
Valor del Nivel	En Personas	Económicas	Ambientales (No Aplica)	Imagen	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					
5	1 o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	Medio	Alto	Alto	Alto	Muy alto					
4	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida subestación	Contaminación mayor	Nacional	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto					
3	Incapacidad temporal (>1 día)	Daño severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	Bajo	Medio	Medio	Medio	Alto					
2	Lesión menor (sin incapacidad)	Daño importantes. Interrupción breve.	Efecto menor	Local	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio					
1	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. Interrupción	Sin efecto	Interna	Muy bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio					
OBSERVACIONES: Revisados los cuatro aspectos sobre las consecuencias de riesgo de tensión de contacto se encuentra que el riesgo existiría sobre la integridad de las personas, para este riesgo obtenemos un nivel de riesgo con valor medio. Por esto tomarán las medidas para mitigar este riesgo a niveles mínimos.														

Figura 5.12 Matriz de riesgo por tensión de contacto.

Para disminuir el riesgo se adoptarán las siguientes medidas:

- El usuario está informado de las medidas que debe tomar en caso de presencia de tormentas eléctricas y rayos.
- La carcasa de los tableros y demás elementos metálicos no activos; pero conductores de la electricidad; están debidamente aterrizados al sistema de puesta a tierra.
- El equipamiento eléctrico tendrá certificados de Producto RETIE.
- Las instalaciones están diseñadas para garantizar que no se superen los umbrales de tensión que puedan causar daño físico a las personas, establecidos por el RETIE.

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
---------	------------	---	-----------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

- El usuario usará los equipos de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

5.4 Factores de riesgos de origen eléctrico y medidas de mitigación.

En la siguiente tabla se los factores de riesgo eléctrico más comunes que se pueden presentar en la instalación, su valoración y las medidas de protección para mitigarlos, hasta nivel mínimo.

FACTOR DE RIESGO	POSIBLES CAUSAS:	MEDIDAS DE PROTECCIÓN:
ARCOS ELÉCTRICOS. 	Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, manipulación indebida de equipos de medida, materiales o herramientas olvidadas en gabinetes, acumulación de óxido o partículas conductoras, descuidos en los trabajos de mantenimiento.	Se diseñan las instalaciones siguiendo las normas técnicas, y especificando equipos adecuados y certificados. Los trabajos de instalación y mantenimiento deberán ser ejecutados por personal con competencias certificadas, usando las herramientas y elementos de protección adecuados, y procedimientos de trabajo seguro.
AUSENCIA DE ELECTRICIDAD (EN DETERMINADOS CASOS)	Apagón o corte del servicio	Se reporta la falla al operador de Red.
CONTACTO DIRECTO	Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad.	Los espacios se diseñan cumpliendo las distancias de seguridad y los equipos activos estarán confinados dentro de cofres certificados que garanticen
RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2

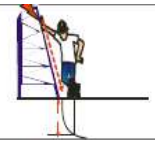
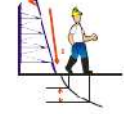
F. Castellanos.

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

FACTOR DE RIESGO	POSIBLES CAUSAS:	MEDIDAS DE PROTECCIÓN:
		el debido aislamiento o recubrimiento de partes activas, en las zonas con riesgo por humedad se utilizaran tomas tipo GFCI. Se establecen áreas con uso restringido, ingreso solo para personal capacitado, y haciendo uso de elementos de protección personal y procedimientos adecuados
CONTACTO INDIRECTO 	Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.	Se construirá la puesta a tierra para garantizar la operación de los sistemas de protección. Será un sistema con conexiones equipotenciales,
CORTOCIRCUITO 	Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos defectuosos.	Se implementaran los sistemas de protección (Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente y cortacircuitos fusibles), ajustados para las corriente esperadas en la instalación.
ELECTRICIDAD ESTÁTICA 	Unión y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante.	Se construirá la puesta a tierra con conexiones equipotenciales.
EQUIPO DEFECTUOSO 	Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.	Se diseñan las instalaciones siguiendo las normas técnicas, y especificando equipos adecuados y certificados

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
---------	------------	---	-----------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

FACTOR DE RIESGO	POSIBLES CAUSAS:	MEDIDAS DE PROTECCIÓN:
RAYOS 	Fallas en: el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección.	Se plantea la construcción del SIPRA con puesta a tierra equipotencial, y avisos de preventivos cuando se tenga personal al aire libre.
SOBRECARGA 	Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armónicos, no controlar el factor de potencia.	Se implementaran los sistemas de protección (Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente y cortacircuitos fusibles), ajustados para las corrientes esperadas en la instalación y coordinados con las cargas de diseño. Conductores dimensionados según las normas técnicas.
TENSIÓN DE CONTACTO 	Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad.	Las instalaciones se diseñan cumpliendo las normas y distancias de seguridad, se tendrán zonas de riesgo alto solo con acceso a personal con las competencias certificadas para su ingreso.
TENSIÓN DE PASO 	Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas, retardo en el despeje de la falla,	Las instalaciones se diseñan cumpliendo las normas y distancias de seguridad, se tendrán zonas de riesgo alto solo con acceso a personal con las competencias certificadas

Las protecciones termo-magnéticas utilizadas, se han diseñado teniendo en cuenta una adecuada coordinación entre ellas tal que respondan en sentido aguas arriba, garantizando su operación con el sistema de puesta a tierra implementado.

Por último los riesgos eléctricos también se minimizarán con señales preventivas y de seguridad que transmitirán mensajes de prevención, prohibición o información en

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
---------	------------	---	-----------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

forma clara, precisa y de fácil entendimiento para todos, ubicadas especialmente en sitios donde se ejecuten trabajos eléctricos o en zonas de operación de máquinas, equipos o instalaciones que representen un peligro potencial.

Para el personal de Enel-Codensa S.A que realiza las labores de control y mantenimiento sobre las redes de uso general el riesgo se mitiga con las medidas de protección implementadas, sabiendo que el personal de Enel-Codensa S.A cuenta con los EPP y los procedimientos para trabajo seguro, incluidos los permisos de trabajo adecuados y debidamente diligenciados, cuando ejecutan este tipo de labores.

5.5 Conclusiones y recomendaciones.

- El diseño cumple RETIE y Normas Enel-Codensa.
- El equipamiento eléctrico tendrá certificados de Producto RETIE.
- Las instalaciones eléctricas, de propiedad del usuario final serán intervenidos por personal competente, debidamente certificado, y conocedor de los riesgos y elementos de protección a usar, cuando los deba intervenir.
- Los equipos a manipular por el usuario, están debidamente aterrizados y poseen frente muerto, tal que bajo condiciones normales de operación y mantenimiento no se presenta el riesgo de contacto eléctrico (directo, ni indirecto).
- Los equipos a manipular por el usuario, están debidamente aterrizados y poseen frente muerto, tal que bajo condiciones de falla, las protecciones actuarán dentro de los límites, limitando los niveles de tensión y corriente a valores tolerables por el ser humano, establecidos por las normas.
- Los equipos a manipular por el Operador de Red, serán operados por su personal debidamente certificado, cumpliendo los procedimientos aprobados, y con los medios de protección adecuados para la labores a ejecutar.
- Las instalaciones están diseñadas para garantizar que no se superen los umbrales de tensión establecidos por el RETIE Y que puedan causar daño físico a las personas.
- Las instalaciones y los equipos del usuario están diseñados y se construirán cumpliendo normas nacionales e internaciones que garantizan la confiabilidad

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
---------	------------	---	-----------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

operativa y seguridad para el personal que los opera. Son operados por su personal debidamente calificado, competente y certificado, cumpliendo los procedimientos aprobados, y con los medios de protección adecuados para la labores a ejecutar.

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERIA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

6.0 ANÁLISIS DEL NIVEL TENSIÓN REQUERIDO.

En la siguiente tabla se listan los niveles de tensión requeridos para las cargas del proyecto, que seguirán siendo alimentadas por los transformadores con relación 11.400–208/120 V.

	Descripción	Potencia nominal ⁽¹⁾ [kW]	THD ⁽²⁾ [p.u.]	Potencia con armónicos [kW]	Tensión nominal ⁽³⁾ [kV]	Factor de potencia ⁽⁴⁾ [p.u.]	Potencia aparente [kVA]	Factor de diversidad ⁽⁵⁾ [p.u.]	Potencia total [kVA]
TRANSFORMADOR 1	BLOQUE E	149,40	0,08	162,39	0,208	0,94	172,76	0,20	34,6
	ECONOMIA BLOQUE H	87,20	0,08	94,78	0,208	0,94	100,83	0,10	10,1
	BLOQUE F	79,50	0,08	86,41	0,208	0,94	91,93	0,30	27,6
	DERECHO EDIFICIO	74,74	0,08	81,24	0,208	0,94	86,42	0,30	25,9
	ATS NO. 2	62,30	0,08	67,72	0,208	0,94	72,04	0,20	14,4
	ADMINISTRATIVO	62,30	0,08	67,72	0,208	0,94	72,04	0,40	28,8
	BLOQUE D INGENIERIA	62,30	0,08	67,72	0,208	0,94	72,04	0,40	28,8
	EQUIPO 1 MECANICA	31,10	0,08	33,80	0,208	0,94	35,96	0,50	18,0
	EQUIPO 2 MECANICA	31,10	0,08	33,80	0,208	0,94	35,96	0,50	18,0
	HIDRAULICA	24,90	0,08	27,07	0,208	0,94	28,79	0,40	11,5
	BLOQUE A	124,50	0,08	135,33	0,208	0,94	143,96	0,20	28,8
	BLOQUE B	24,90	0,08	27,07	0,208	0,94	28,79	0,40	11,5
	6 RVAS	352,00	0,08	382,61	0,208	0,94	407,03	0,28	111,9
	SUBTOTAL TDG-MA								369,9
TRANSFORMADOR 2	AULA MAXIMA	99,60	0,08	108,26	0,208	0,94	115,17	0,50	57,6
	INGENIERIA LABORATORIO	99,60	0,08	108,26	0,208	0,94	115,17	0,30	34,6
	CANCHA CERVANTES	62,30	0,08	67,72	0,208	0,94	72,04	0,20	14,4
	CUARTO MAQUINAS	41,20	0,08	44,78	0,208	0,94	47,64	0,40	19,1
	LOBRA	41,20	0,08	44,78	0,208	0,94	47,64	0,60	28,6
	ASCENSOR MINUSVAL	24,90	0,08	27,07	0,208	0,94	28,79	0,50	14,4
	INYECTORA	24,90	0,08	27,07	0,208	0,94	28,79	0,20	5,8
	COMCEL	24,90	0,08	27,07	0,208	0,94	28,79	0,70	20,2
	POST GRADO	24,90	0,08	27,07	0,208	0,94	28,79	0,50	14,4
	LUCES NAVIDAD	24,90	0,08	27,07	0,208	0,94	28,79	0,10	2,9
	ASCENSOR ADMON	14,95	0,08	16,25	0,208	0,94	17,29	0,70	12,1
	ADMINISTRACION	9,95	0,08	10,82	0,208	0,94	11,51	0,70	8,1
	INGENIERIA	7,45	0,08	8,10	0,208	0,94	8,61	0,60	5,2
	GUARDIA	7,50	0,08	8,15	0,208	0,94	8,67	0,80	6,9
	ECONOMIA	7,45	0,08	8,10	0,208	0,94	8,61	0,70	6,0
	DERECHO AUDITORIO	7,45	0,08	8,10	0,208	0,94	8,61	0,70	6,0
	ALUMBRADO PUBLICO	17,30	0,08	18,80	0,208	0,94	20,00	0,50	10,0
	TALLER	74,74	0,08	81,24	0,208	0,94	86,42	0,10	8,6
	6 RVAS	245,72	0,08	267,09	0,208	0,94	284,14	0,34	96,6
	SUBTOTAL TDG-MB								371,3
	TOTAL TDG								741,2

Tabla 6.1 Cargas del proyecto.

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

Por otra parte, dado que la instalación será normalizada y que el servicio actualmente está a 11,4 kV y 208/120V, es imperativo utilizar este mismo nivel de tensión para la alimentación de los equipos a reemplazar, ya que estas son tensiones normalizadas.

En conclusión, el nivel será el mismo usado en la actualidad de 11.400 VAC, que corresponde al nivel de tensión 2, y disponible en las redes urbanas del Operador de Red en la ciudad, Enel-Codensa. S.A. ESP.

7.0 CÁLCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS.

Tal como lo establece el RETIE en el artículo 14.4 CÁLCULO Y MEDICIÓN DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS, “Los diseños de líneas o subestaciones de tensión superior a 57,5 kV, en zonas donde se tengan en las cercanías edificaciones ya construidas, deben incluir un análisis del campo electromagnético en los lugares donde se vaya a tener la presencia de personas”.

En este proyecto no se renueva la acometida subterránea a 11,4 kV y no se están diseñando líneas ni subestaciones con tensión superior a 57,5 kV. En consecuencia, la condición del RETIE no se presenta y por tanto el requerimiento no es aplicable.

8.0 CÁLCULOS DE TRANSFORMADORES.

De la tabla 2.1 Cargas instaladas en el proyecto, en el capítulo dos, se observa una carga máxima diversificada de 741,2kVA. Actualmente las instalaciones cuentan con dos transformadores, uno de 630kVA y otro de 75 kVA, que serán reemplazados por dos de 400kVA, cumpliendo la norma de Enel-Codensa.

En la siguiente tabla se presenta un resumen con las características de estos transformadores:

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

Tipo ⁽¹⁾	Seco
Potencia ⁽¹⁾ [kVA]	400,0
I nominal (primario) ⁽²⁾ [A]	20,3
I nominal (secundario) (2) [A]	1.110,3
Icc (primario) ⁽²⁾ [A]	338,0
Icc (secundario) ⁽²⁾ [kA]	18,5
Impedancia de cortocircuito Z ⁽¹⁾ [%]	6,0
Foso de aceite	No requiere

Tabla 8.1 Características del transformador de 400kVA

- (1) Valores tomados con datos de las normas Enel-Codensa ET013 Transformador trifásico de distribución tipo seco abierto.
(2) Valores calculados con datos de las normas Enel-Codensa

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

9.0 CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

Para la verificación del cálculo del sistema de puesta a tierra de la sede calle 100, de la Universidad Militar Nueva Granada es necesario conocer primero la resistividad del terreno, para luego proceder con la aplicación del procedimiento y las ecuaciones descritas en la norma IEEE Std 80-2000. Por esta razón el capítulo se inicia con la medida de resistividad del terreno y finaliza con el cálculo propiamente dicho del sistema de puesta a tierra.

9.1 Medición de la resistividad del terreno.

Para la medición de la resistividad del terreno se utiliza el método de Wenner de las cuatro puntas, la técnica más comúnmente utilizada y descrita en la mencionada Norma IEEE Std 80-2000.

9.1.1 Parámetros.

Condiciones ambientales:

Fecha	=	26 de septiembre de 2.018
Hora de inicio	=	4:15 pm
Hora de finalización	=	6:25 pm
Estado del tiempo	=	atardecer día soleado
Condición del suelo	=	seco
Temperatura ambiente	=	18 - 22 °C

Equipo usado:

Marca	=	Metrel
Modelo	=	MI 3123
Fecha de calibración	=	3-May -2018
Entidad Certificadora	=	LABE –IEI -UNAL

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
			Página 34 de 85

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

9.1.2 Zonas de mediciones.

En las zonas circundantes a la subestación, las capas superficiales de los andenes y vías circundantes al área del local son de ladrillo y asfalto.

La medición se realiza en la zona que corresponde al costado noroccidental del edificio

En la siguiente figura se muestra la localización de la zona mencionada.



Figura 9.1 Localización de las zonas donde se realizaron mediciones.

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
Página 35 de 85			

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

9.1.3 Mediciones.

Para la zona A, se obtuvieron las siguientes mediciones:

Separación entre electrodos [m] (m)	Medición sentido E-W Resistividad medida [$\Omega \cdot m$]
1	55,0
2	63,0
3	89,2
4	92,0
VALOR PROMEDIO	74,8

Tabla 9.1 Mediciones de resistividad del terreno Zona A.

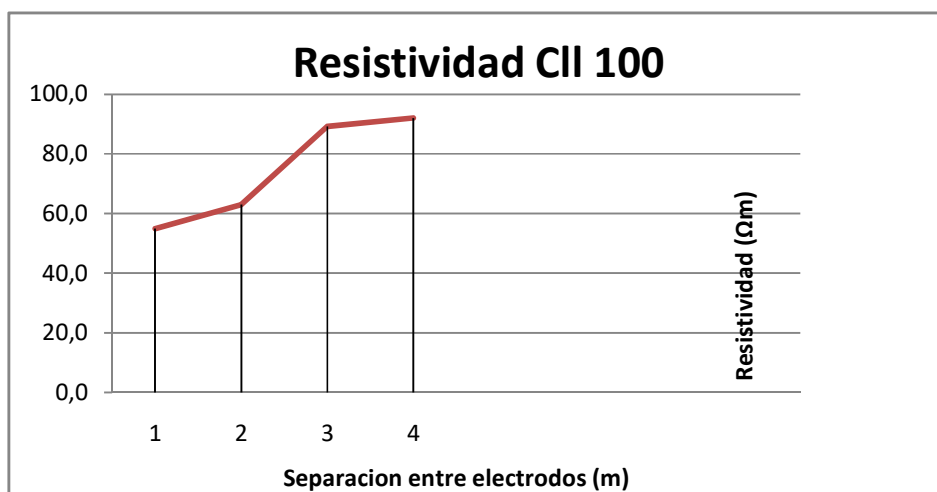


Figura 9.2 Comportamiento de resistividad del terreno.

CONCLUSIÓN: EL VALOR PROMEDIO DE RESISTIVIDAD ES DE: 74,8 $\Omega \cdot m$

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

9.1.4 Registro fotográfico

			
			
RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com



Figura 9.4 Mediciones.

9.1.5 Certificado de calibración el equipo.

En las siguientes paginas se anexa el certificado de calibración del equipo de utilizado para la medición de la resistividad del terreno.

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
Página 38 de 85			

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

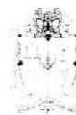
LABE05CC5397

2018-05-04 V1.1

Página 1 de 3



Acreditado
ISO/IEC 17025:2005
09-LAC-022



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA
SEDE BOGOTÁ
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE ENSAYOS
ELÉCTRICOS INDUSTRIALES - LABE

Cliente:

GRUPO EMPRESARIAL DE CALIDAD Y TECNOLOGÍA S.A.S.

Carrera 85 B No. 22 B – 34; Bogotá D.C.; Teléfono: 312 3749966.

NIT: 900 949 131 – 5.

Instrumento calibrado:

Telurómetro Metrel MI3123.

Número de serie:

12140819.

Fecha de Calibración:

Mayo 03 de 2018

Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.

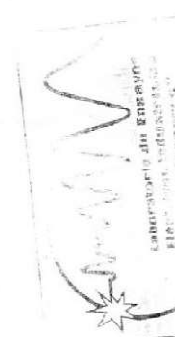
1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento LABE05M20 "Manual de procedimiento para la calibración de telurómetros" referenciado a "European cooperation for accreditation, "Euramet CG-15/1" 2.0 Guidelines on the Calibration of Digital Multimeters" Marzo 2011".

2. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 1.

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor.



ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Formato: LABE01R40 V1.4 / Emisión 2018-08-23

Ubicación: Carrera 30 No. 45-03, Facultad de Ingeniería, Edificio 411, Oficina 102C
Teléfono: (57) (1) 3165015 **Commutador:** (57) (1) 3165000 **Ext.** 11120
Correo electrónico: labe_fibog@unal.edu.co – Bogotá, D.C.

RAD-004

S.

Página 33 de 85

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

2018-05-04 V1.1

LABE05CC5397

Página 2 de 3

Resistencia					
Rango	Valor de referencia	Valor leído EBC	Error de la lectura	Incertidumbre expandida	Factor de cobertura k
Ω	Ω	Ω	Ω	$\pm \Omega$	-----
0.00 a 19.99	18.00	17.94	-0.060	0.035	1.96
Ω	Ω	Ω	Ω	$\pm \Omega$	-----
20.0 a 199.9	38.0	38.0	0.000	0.086	1.96
20.0 a 199.9	182.0	182.2	0.20	0.29	1.96
Ω	Ω	Ω	Ω	$\pm \Omega$	-----
200 a 1999	280	280	-0.3	1.1	2.26
200 a 1999	920	916	-4.0	1.5	1.96
Ω	Ω	Ω	Ω	$\pm \Omega$	-----
2000 a 9999	2800	2775	-24.7	4.3	1.96
2000 a 9999	9200	9115	-85	14	1.96

* EBC: Equipo bajo calibración.

Tabla 1. Calibración de la función de medición de resistencia de tierra.

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Encargado	Fabian Rubiano Lopez.			
Supervisor	Ing. Wendy Hernández Acosta			
Presentes	Ing. Wendy Hernández Acosta			
Lugar	Laboratorio de Metrología – LABE.			
Orden de trabajo: LELE-066-2018			Referencia LABE: CAL1193	
Hora de la prueba	Inicial	11:00	Final	12:31
Condiciones atmosféricas	Temperatura	(22,1 – 22,6) °C	Humedad Relativa	(53 – 57) %
Fecha	Recibido	Abril 21 de 2018		

Tabla 2. Información adicional de la Calibración.

4. OBSERVACIONES

- Ninguna.

RAD-004

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Formato: LABE01R40-V1.4 / Emisión 2018-08-28

llanos.

a 40 de 85

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
	MEMORIAS DE CALCULO	RMS INGENIERIA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351 comercial@rmsingenieria.com

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LABE05CC5397
2018-05-04 V1.1
Página 3 de 3



5. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

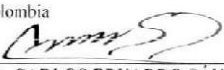
ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Calibrador Multifunciones Fluke 5320A	515951111	OPDM001-4192814	2018-02-10
2	Calibrador Multifunciones Fluke 5500A	6800022	UNMR001-4179803	2018-03-31
3	Termohigrómetro Extech RH520	CH04497	CLH22315 CLT81315	2018-03-17 2018-03-18

Tabla 3. Equipos usados en la Calibración.

6. RESPONSABLES


FABIAN A. RUBIANO LÓPEZ,
ENCARGADO
Auxiliar de ingeniería – LABE
Universidad Nacional de Colombia


Ing. WENDY P. HERNÁNDEZ ACOSTA,
SUPERVISIÓN
Ingeniera de pruebas – LABE
Universidad Nacional de Colombia


Ing. CARLOS EDUARDO SÁNCHEZ D.
AUTORIZA
Jefe Técnico de Metrología – LABE
Universidad Nacional de Colombia

El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para **GRUPO EMPRESARIAL DE CALIDAD Y TECNOLOGÍA S.A.S.** El Laboratorio de Metrología Eléctrica **NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE** no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en este informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de **LABE**.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Formato: LABE01RA0 V1.4 / Emisión 2013-08-28

RAD-004

Ubicación: Carrera 30 No. 45-03, Facultad de Ingeniería, Edificio 411, Oficina 102C
Telefax: (57) (1) 3165015 **Commutador:** (57) (1) 3165000 Ext. 11120
Correo electrónico: labe_fibog@unal.edu.co – **Página Web:** www.labe.unal.edu.co

ellanos.

...ina 41 de 85

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

9.2 Verificación del sistema de puesta a tierra, existente.

A continuación se utilizarán para el cálculo las ecuaciones y procedimientos de la NORMA IEEE Std80-2000, la resistividad medida en la zona adjunta a la subestación de la sede calle 100 de la UMNG y la corriente de falla monofásica a tierra suministrada por Enel-Codensa.

Para los cálculos mostrados a continuación se utilizará la resistividad media del terreno.

9.2.1 Parámetros.

$\rho = 29,92 \Omega \cdot m$	Resistividad aparente del terreno, mejorada con tratamiento químico del terreno, (Si bien los fabricantes garantizan mejoras en la puesta a tierra superiores al 90%, asumiremos una mejora del 70%)
$\rho_s = 2.000 \Omega \cdot m$	Resistividad superficial del terreno, para concreto, debido a que la malla a tierra está construida bajo una placa de este material dentro de la edificación.
$h_s = 0,20 m$	Espesor de placa superficial.
$I_o = 1.570,8 A$	Corriente calculada aplicando un factor de dispersión del 60 % a la corriente de falla asimétrica monofásica a tierra de 2618 A dada por Enel-Codensa.
$t_c = 0,15 s$	Tiempo de despeje de la falla para los relés de protección del circuito RC770; según la norma CTS520 de Enel-Codensa.

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

CODENSA SA ESP																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">CORRIENTES SIMÉTRICAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Corriente trifásica</td> <td>4231</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>Corriente bifásica</td> <td>3664</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>Corriente monofásica</td> <td>2159</td> <td>A</td> </tr> </tbody> </table>			CORRIENTES SIMÉTRICAS			Corriente trifásica	4231	A	Corriente bifásica	3664	A	Corriente monofásica	2159	A	NOTA: las corrientes simétricas sirven para el estudio de coordinación de protección			
CORRIENTES SIMÉTRICAS																		
Corriente trifásica	4231	A																
Corriente bifásica	3664	A																
Corriente monofásica	2159	A																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">CORRIENTES ASIMÉTRICAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Corriente trifásica</td> <td>5131</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>Corriente bifásica</td> <td>4443</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>Corriente monofásica</td> <td>2618</td> <td>A</td> </tr> </tbody> </table>			CORRIENTES ASIMÉTRICAS			Corriente trifásica	5131	A	Corriente bifásica	4443	A	Corriente monofásica	2618	A	NOTA: las corrientes asimétricas sirven para el diseño de la puesta a tierra			
CORRIENTES ASIMÉTRICAS																		
Corriente trifásica	5131	A																
Corriente bifásica	4443	A																
Corriente monofásica	2618	A																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">RELACIÓN X/R</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X(+)/R(+)</td> <td>1,9463</td> </tr> <tr> <td>X(0)/R(0)</td> <td>5,0658</td> </tr> </tbody> </table>			RELACIÓN X/R		X(+)/R(+)	1,9463	X(0)/R(0)	5,0658										
RELACIÓN X/R																		
X(+)/R(+)	1,9463																	
X(0)/R(0)	5,0658																	
TABLA DE AJUSTE DE PROTECCIONES DE : RECONECTADOR RC770 TEATRO_PAT																		
SUBESTACIÓN			USAQUEN															
PROTECCION	RCT'S	MARCA	CARACTERÍSTICA	TAP	TIME DIAL	INSTANTÁNEO												
FASE	400	NOJA	EXTREMELY INVERSE-C3	0,75D	0,05	8,40												
TIERRA	400	NOJA	EXTREMELY INVERSE-C3	0,08D	0,05	4,40												
 			DEPARTAMENTO DE PROTECCIONES V8. 01/06/17															
SUBGERENCIA DE ALTA TENSIÓN			SUBESTACION USAQUEN 115/11,4 RECONECTADOR RC770 TEATRO_PAT CD 37824 RC770 Características de Fase y Tierra															

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos. Página 43 de 85
---------	------------	---	------------------------------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

9.2.2 Selección del conductor.

De acuerdo con el RETIE 2013 (Art. 15.3.2): “El conductor de tierra para media tensión, alta tensión y extra alta tensión debe ser seleccionado con la siguiente ecuación, la cual fue adoptada de la norma ANSI/IEEE80.”

$$A_{mm^2} = I \cdot K_f \cdot \sqrt{t_c} / 1,9737$$

En donde:

A_{mm^2}	Sección del conductor en mm ² .
I	Corriente de falla a tierra, calculada con dispersión del 60% (rms en kA).
K_f	Constante de la Tabla 15.3 del RETIE para diferentes materiales y valores de T_m (T_m es la temperatura de fusión o el límite de temperatura del conductor a una temperatura ambiente de 40°C).
t_c	Tiempo de despeje de falla a tierra, norma Enel-Codensa CTS520.

De la Tabla 15.3 del RETIE 2013 obtenemos $K_f = 7,06$ para cobre duro y soldadura exotérmica ($T_m = 1.084^\circ\text{C}$).

Obtenemos: $A = 2,18 \text{ mm}^2$

Para el cable de cobre N° 2/0 AWG instalado, se tiene:

$A_c = 67,44 \text{ mm}^2$	Área o sección transversal del conductor
$D = 0,0093 \text{ m}$	Diámetro del conductor, se aproxima a 0,01 m

9.2.3 Tensiones de paso y contacto máximas tolerables.

$$C_s = \frac{1 - \{[0,9 \cdot (1 - \rho/\rho_s)]/[2 \cdot h_s + 0,09]\}}{0,819}$$

Factor de Relación (adimensional)

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
---------	------------	---	-----------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA DG 60 22A 32 Tel. (571) 248 3351 comercial@rmsingenieria.com

Para una persona cuyo peso sea de 50 kg, se tiene:

Tensión de paso:

$$E_{step50} = [1000 + 6C_s * \rho_s] * [0,116 / \sqrt{t_s}]$$

$$V_{paso} = 3243,37 \text{ V Tolerables}$$

Tensión de contacto:

$$E_{touch50} = [1000 + 1,5C_s * \rho_s] * [0,116 / \sqrt{t_s}]$$

$$V_{contacto} = 1035,48 \text{ V Tolerables}$$

9.2.4 Determinación configuración inicial.

- $D_L = 2,50 \text{ m}$ Espaciamiento entre conductores a lo largo
- $D_A = 4,00 \text{ m}$ Espaciamiento entre conductores a lo ancho
- $L_1 = 10,00 \text{ m}$ Largo de la malla
- $L_2 = 4,00 \text{ m}$ Ancho de la malla
- $H = 0,40 \text{ m}$ Profundidad de enterramiento de los conductores
- $N = 4$ Numero de electrodos tipo varilla
- $L_v = 2,44 \text{ m}$ Longitud del electrodo. Varilla de cobre ϕ 5/8"

La configuración geométrica de la malla de puesta a tierra instalada se registra en el plano del proyecto de normalización SERIE 3 - Enel-Codensa.

Longitud total del conductor:

$$L_T = L_c + N * L_v \text{ (m)}$$

Para mallas cuadradas o rectangulares:

$$L_c = [n_{L1} * L_1 + n_{L2} * 2L_2] \text{ (m)}$$

$$L_c = 40,00 \text{ m}$$

$$L_T = 49,76 \text{ m}$$

$$\text{Área} = 40,00 \text{ m}^2$$

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
			Página 45 de 85

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

9.2.5 Calculo de la resistencia de puesta a tierra.

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

$$R_g = 2,95 \, \Omega$$

9.2.6 Calculo máximo potencial de tierra (GPR).

$$I_G = D_f \cdot S_f \cdot I_0 \text{ (A)}$$

Factor de corrección $D_f = 1,378$ de la Tabla 10 IEEE 80, para 100 ms

Factor de división de corriente $S_f = 0,18$ de la Figura C3 IEEE 80

$$I_G = 390,0 \text{ A}$$

$$GPR = I_G \cdot R_g \text{ (V)}$$

$$GPR = 1150,33 \text{ V}$$

$$V_{\text{contacto}} = 1035,48 \text{ V Tolerable}$$

9.2.7 Calculo de tensión de malla en caso de falla.

$h = 0,40 \text{ m}$	Profundidad de enterramiento de los conductores
$D_L = 2,50 \text{ m}$	Espaciamiento de conductores a lo largo
$D_A = 4,00 \text{ m}$	Espaciamiento de conductores a lo ancho
$L_1 = 10,00 \text{ m}$	Largo de la malla
$L_2 = 4,00 \text{ m}$	Ancho de la malla

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

Conductor calibre 2/0 AWG

$A_c = 67,44 \text{ mm}^2$ Sección transversal del conductor

$D = 0,01 \text{ m}$ Diámetro conductor

$K_{ii} = 1$ Para mallas con electrodos de varilla a lo largo del perímetro en las esquinas o dentro de la malla

$L_p = (L_1 + L_2) \cdot 2$ Para mallas cuadradas o rectangulares

$L_p = 28,00 \text{ m}$

n = Factor de geometría

$n = n_a \cdot n_b \cdot n_c \cdot n_d$

$n_a = [(2 \cdot L_c) / L_p]$

$n_a = 2,857$

$n_b = \sqrt{[L_p / (4 \cdot \sqrt{A})]}$

$n_b = 1,052$

$n_c = [(L_1 \cdot L_2) / A]^{[(0,7 \cdot A) / (L_1 \cdot L_2)]}$

$n_c = 1 = n_d = 1$ Para mallas rectangular o cuadrada, entonces:

$n = 3,006$

$K_i = 0.644 + 0.148 \cdot n$ Factor de irregularidad

$K_i = 1,089$

$K_h = \sqrt{1+h}$

$K_h = 1,183.$

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

$K_m = 0,7099$ Factor Geométrico

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
---------	------------	---	-----------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

$$V_{\text{malla}} = (\rho * I_G * K_M * K_i) / \{ [L_C + 1,55 + 1,22 * [(L_V) / e(L_1^2 + L_2^2)] * N * L_V \}$$

$$V_{\text{malla}} = 155,84 \text{ V}$$

$$V_{\text{contacto tolerable}} = 1035,48 \text{ V Tolerable}$$

$$V_{\text{malla}} < V_{\text{contacto tolerable}} \quad \text{CUMPLE}$$

9.2.8 Cálculo de la tensión de paso en falla.

$$K_s = (1/\pi) [(1/(2*h)) + (1/(D+h)) + (1/D) * (1 - 0,5^{(n-2)})]$$

$$K_s = 0,572$$

$$V_{\text{paso}} = (\rho * I_G * K_s * K_i) / (0,75 * L_C * 0,85 * N * L_V)$$

$$V_{\text{PASO}} = 189,45 \text{ V}$$

$$V_{\text{paso tolerable}} = 3243,37 \text{ V}$$

$$V_{\text{paso}} < V_{\text{paso tolerable}} \quad \text{CUMPLE}$$

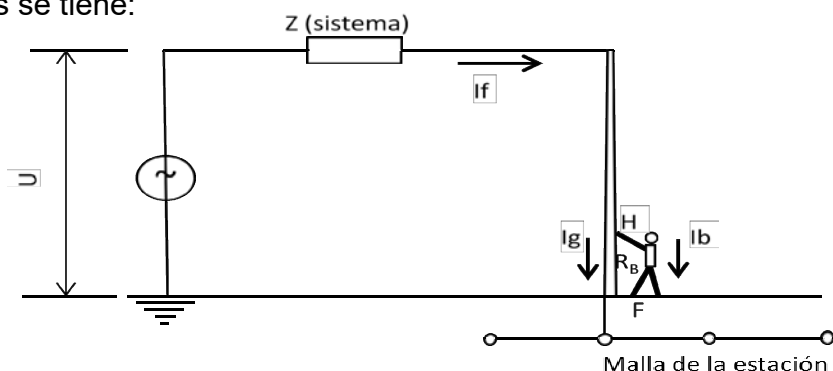
Una vez efectuados los cálculos para la configuración de la malla de puesta a tierra, ésta CUMPLE con los requisitos de la norma IEEE 80, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

L_1	=	10,0 m	Largo de la malla
L_2	=	4,0 m	Ancho de la malla
h	=	0,40 m	Profundidad de enterramiento de los conductores
N	=	4	Numero de electrodos de puesta a tierra tipo varilla
L_v	=	2,44 m	Longitud del electrodo tipo varilla

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

9.2.9 Calculo de la tensión de contacto aplicada a un ser humano en caso de falla.

Para este cálculo se toma como punto de contacto al ser humano cualquier parte de la malla, la que tendrá un voltaje de malla en el momento de una falla en cualquier punto. Teniendo en cuenta que la persona estará fuera de la malla y sobre una superficie de concreto, y tomando el caso más crítico que sería con las piernas separadas se tiene:



V_1 = Máxima tensión de contacto resultante
 R_b = Resistencia del cuerpo del individuo = 1.000 Ω
 Z_e = Impedancia equivalente del sistema = 1,5p
 U = V malla = 155,84 V

$$V_1 = U[(R_b)/(R_b+Z_e)]$$

$$V_1 = 104,0 \text{ V}$$

Según la tabla 22 del RETIE, la máxima tensión de contacto para un ser humano es:

$$\text{Máxima tensión de contacto} = 116/\sqrt{t} \quad [V, \text{ c.a.}]$$

$$\text{Para } T_c = 0,15 \text{ s}$$

$$\text{Máxima tensión de contacto permisible} = 299,5 \text{ V}$$

Entonces como V_1 (Máxima tensión de contacto resultante) < Máxima tensión de contacto permisible, se CUMPLE para $T_c = 0,15 \text{ s}$.

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
			Página 49 de 85

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

10.0 VERIFICACIÓN DEL CONDUCTOR EXISTENTE Y UTILIZADO EN M.T.

10.1 Acometida en Media Tensión.

La carga total equivalente por alimentar es de 741,2 kVA como se mostró en el capítulo 2.0 “Análisis y cuadros de cargas del proyecto, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos”, carga que se suplirá mediante dos transformadores de 400,0 kVA.

La corriente nominal para la carga en de MT es:

$$I_n[A] = S[kVA] / (\sqrt{3} \cdot V[kV]) = 742,0 \text{ kVA} / (\sqrt{3} \cdot 11,4 \text{ kV}) = 37,54 \text{ A}$$

La acometida a 11.400 V se considera desde el punto de conexión del circuito del actual en la subestación de del colegio patria, hasta la celda de protección en la Subestación eléctrica de la sede CII 100, y con una longitud de 270m.

10.2 Datos de Entrada

Potencia nominal de la carga [kVA]	741,2
Vn de entrada [V]	11.400
Longitud de conductor [m]	270
Corriente nominal [A]	37,53

Tabla 10.1 Características de la carga a 11,4 kV

10.3 Especificación del Conductor

Alimentador hacia a la subestación de la UMNG.

Capacidad necesaria [A]	46,92
Capacidad de corriente conductor de cobre calibre 4/0 AWG XLPE 15 kV -90°C [A] (Equivale a 185mm ² en Al)	240A Norma CS311 Enel-Codensa.
Número de conductores por fase	1

Tabla 10.2 Características del conductor para la acometida

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
---------	------------	---	-----------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

En conclusión, se verifica que el cable instalado existente, triplex calibre 4/0 AWG de cobre, con temperatura de operación de 90° C y aislamiento XLPE para 15 kV, es adecuado y de capacidad suficiente para la carga instalada en la Universidad Militar.

Por lo anterior no es necesario hacer el cálculo para el conductor equivalente de aluminio, al que le correspondería un conductor triplex de 185 mm² de sección transversal con temperatura de operación de 90° C y aislamiento para 15 kV, pero que tendría mayores pérdidas.

Alimentador desde la subestación de la UMNG, hacia escuela de guerra (carga de 500 kVA In=25,3A 11,4 kV - (CD89854).

Capacidad necesaria [A]	31,6
Capacidad de corriente conductor de cobre calibre 2/0 AWG XLPE 15 kV -90°C [A] (Equivale a 185mm ² en Al)	150A Norma CS311 Enel-Codensa.
Número de conductores por fase	1

Tabla 10.3 Características del conductor para la acometida

Se verifica que el cable instalado existente, triplex calibre 2/0 AWG de cobre, con temperatura de operación de 90° C y aislamiento XLPE para 15 kV, es adecuado y de capacidad suficiente para la carga instalada en la Escuela de Guerra (CD89854).

10.4 Verificación por cortocircuito

El cable de cobre calibre 4/0 AWG (CS312) soporta una corriente de corto circuito de 40,0 kA durante 0,15 segundos (8,8 ciclos). Este comportamiento supera la condición dada por Enel-Codensa, para el punto de conexión, de $I_{cc} = 2.618$ A para un tiempo de disparo de 0,15 segundos (8,8 ciclos). Como referencia, se observa que el mismo cable 4/0 AWG soporta 13,0 kA durante un segundo (60 ciclos).

En la siguiente figura 10.1 se observa la capacidad de soportar el corto circuito del conductor instalado.

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

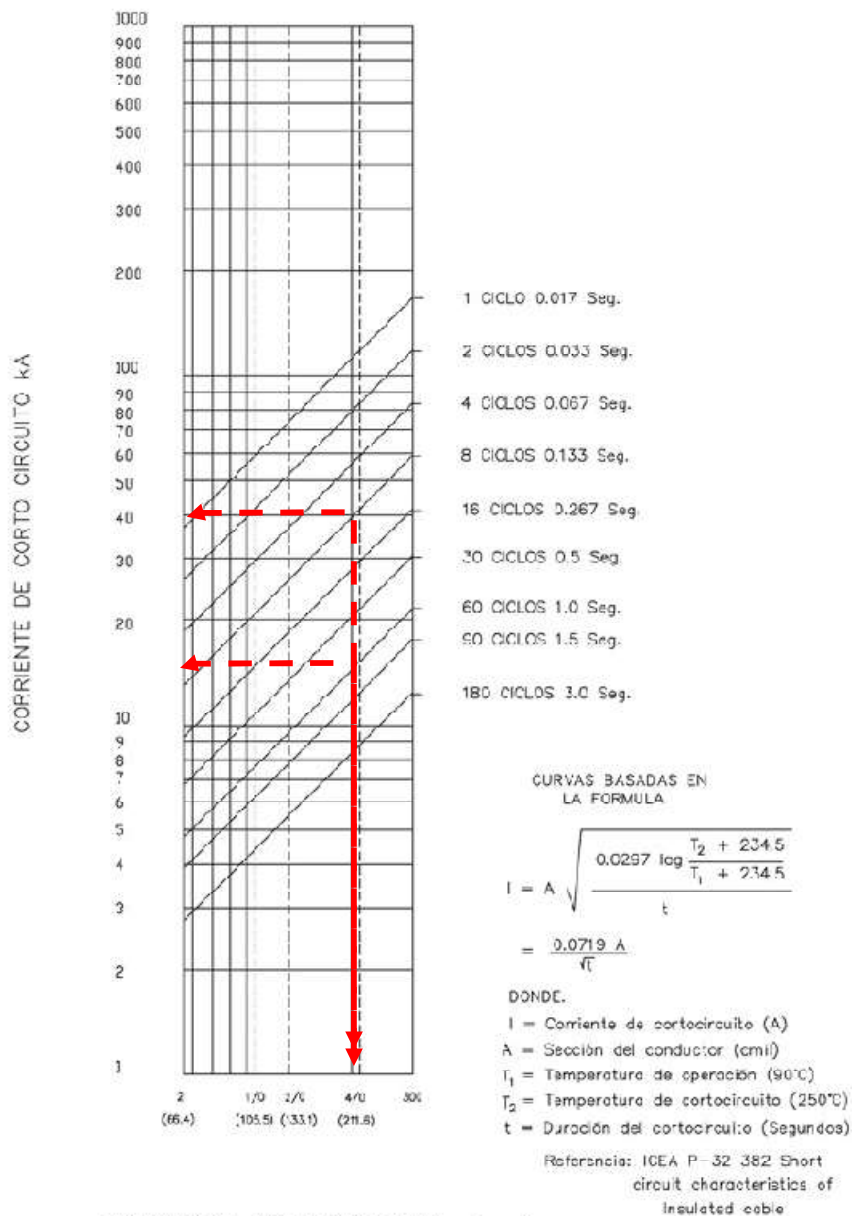


Figura 10.1 - Norma CS312 Enel-Codensa.

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos. Página 52 de 85
---------	------------	---	------------------------------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

10.5 Regulación de tensión.

El cálculo de la regulación de tensión para el conductor existente se encuentra en el capítulo 15.0 “Cálculos de Regulación”. En donde se obtuvo una regulación del 0,035%

10.6 Cálculo de pérdidas en el conductor.

El cálculo de pérdidas en el conductor existente se encuentra el capítulo 14.0 “Cálculos de Pérdidas de Energía”. En donde se obtuvieron unas pérdidas anuales de 1229,2 kWh.

11.0 SELECCIÓN DE PROTECCIONES MT Y BT.

11.1 Selección de protecciones en la acometida de MT.

De acuerdo a la norma Enel-Codensa CTS-507 para un Transformador de 400 kVA con una Tensión de servicio de 11400 V, le corresponde un Fusible HH de 40 A.

Código SAP	Fusible(A)	transformador a proteger kVA
	10	30 - 45
	16	75 - 112,5 - 150
	25	225 - 300
	40	400 - 500
	50	630
	63	750 - 800
	80	1 000

Tabla 11.1 Tabla de selección de protecciones en MT para transformadores según norma CTS 507

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
			Página 53 de 85

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

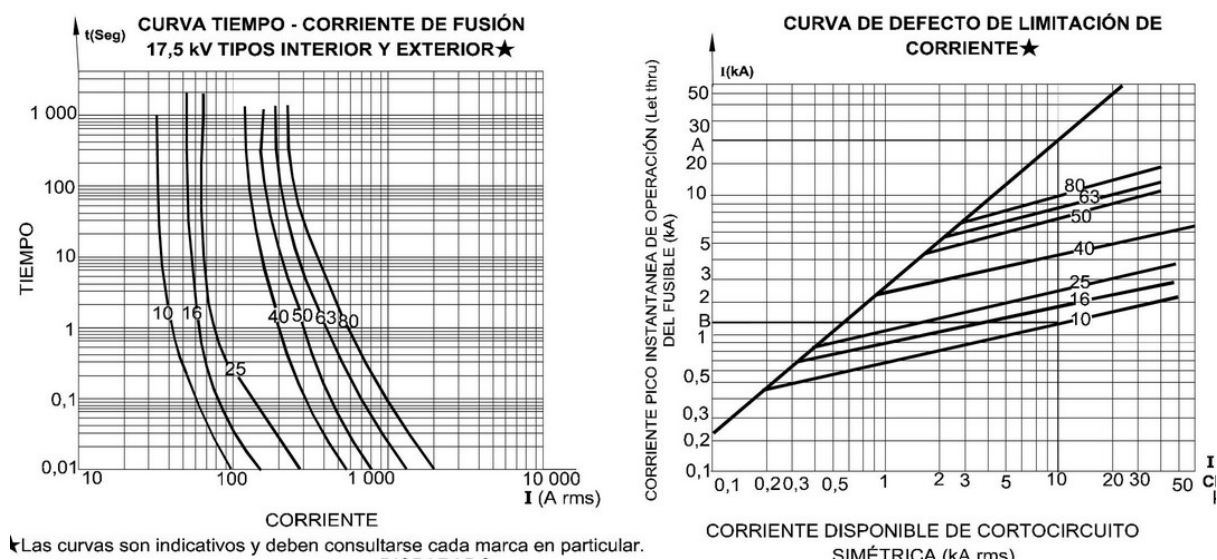


Tabla 11.2. Grafica curvas de respuesta de fusible HH según CTS 507

Para los transformadores a 11,4 kV se seleccionan las protecciones eléctricas de entrada a 11,4 kV.

El seccionador de entrada tendrá las siguientes características básicas:

- Corriente nominal 630 A
- Corriente de fusible HH: 40A.
- Tensión nominal 17,5 kV
- BIL 95 kV
- Capacidad de ruptura 25 kA
- Cuchilla de puesta a tierra 17,5 kV
- Bobina de bloqueo de la cuchilla de puesta a tierra

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA DG 60 22A 32 Tel. (571) 248 3351 comercial@rmsingenieria.com

11.2 Selección de protecciones en BT.

Para protección de los alimentadores en baja tensión verificarán los interruptores automáticos termo-magnéticos instalados con la curva de disparo por sobrecarga ajustado para máximo el 125% de la corriente nominal.

Para los alimentadores en BT, tenemos que se requieren conductores con ampacidad de 1.288A ($I_n=1030A$), tomando la mayor carga de 371,3 kVA (corresponde al transformador No. 2), Acorde con la norma AE244 se seleccionan 4 conductores de 300 kcmil (THW), por fase, que tiene una ampacidad nominal de 335, aplicando los factores de ajuste considerando que van en bandeja dentro de un cárcamo y la temperatura ambiente es de 20°C, obtenemos una ampacidad 351,75A, por conductor y de 1400A por fase.

La protección seleccionada es de 1300A; verificandose que protege el conductor.

12.0 CÁLCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES.

Para la acometida se verificará el conductor instalado tipo tríplex, de cobre calibre 4/0 AWG con aislamiento XLPE para 15 kV, respecto a la capacidad de corriente, acorde con el contenido del capítulo “10.0 Dimensionamiento de conductores por utilizar en MT”, y por regulación, acorde con el contenido del capítulo 15.0 “Cálculo de regulación”.

12.1 Cálculo del valor de las pérdidas anuales.

De acuerdo con el capítulo 14.0 “Cálculos de pérdidas de energía” las pérdidas fueron calculadas y con el valor del kWh se obtuvieron los siguientes resultados:

Cálculo de pérdidas para el alimentador de la UMNG	
Cable 4/0 XLPE 15 kV	Condiciones de operación
Pérdidas anuales [kWh]	1226,0
Valor kWh industrial [\$] ⁽¹⁾	397,2
Valor pérdidas anuales [Miles de \$]	486,9

Tabla 12.1 Cálculo de pérdidas anuales de energía con conductores de cobre.

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
---------	------------	---	-----------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

Cálculo de pérdidas para el alimentador de la UMNG	
Aluminio 185 mm ² XLPE 15 kV	Condiciones de operación
Pérdidas anuales [kWh]	1.206,0
Valor kWh industrial [\$] ⁽¹⁾	397,20
Valor pérdidas anuales [Miles de \$]	479,0

Tabla 12.2 Cálculo de pérdidas anuales de energía con conductores de aluminio.

Fuentes de datos:

(1) Factura de servicio, mes agosto/2018 Enel-Codensa. Cuenta No. 762524-7.

En conclusión, el conductor existente instalado y en servicio en la acometida a la subestación eléctrica de la sede CII 100, cable tipo triplex de cobre calibre 4/0 AWG y con asilamiento XLPE para 15 kV, en el aspecto económico desde el punto de vista operativo es prácticamente igual al aluminio, con las ventajas de mayor ductilidad y rigidez mecánica, sobre el aluminio. Al ser el conductor instalado la desventaja de su precio no entra en consideración, sería a su vez una desventaja cambiar a conductor de aluminio, ya que el costo de inversión se incrementaría.

Las pérdidas de los conductores en baja tensión no se consideran, ya que éstas serán asumidas por el usuario y al quedar por fuera de la frontera comercial, serán registradas por el equipo de medida y facturadas por el Operador de Red.

Cálculo de pérdidas del conductor hacia la escuela de guerra (CD89854).	
Cobre 2/0 XLPE 15 Kv	Condiciones de operación
Pérdidas anuales [kWh]	1607,4
Valor kWh industrial [\$] ⁽¹⁾	397,2
Valor pérdidas anuales [Miles de \$]	638,5

Tabla 12.3 Cálculo de pérdidas anuales de energía con conductores de cobre.

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	 DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

Cálculo de pérdidas del conductor hacia la escuela de guerra (CD89854).	
Al 120mm ² XLPE 15 Kv	Condiciones de operación
Pérdidas anuales [kWh]	1530,3
Valor kWh industrial [\$] ⁽¹⁾	397,2
Valor pérdidas anuales [Miles de \$]	607,8

Tabla 12.4 Cálculo de pérdidas anuales de energía con conductores de cobre.

13.0 CÁLCULOS DE CANALIZACIONES.

El método utilizado para verificar el dimensionamiento de los ductos se basa en determinar el número máximo de conductores permitidos en el mismo, el cual debe ser menor o igual a multiplicar el porcentaje de ocupación (factor de llenado) por la relación entre el área de los conductores sobre al área libre interior del ducto.

Número de conductores menor o igual al factor de llenado por el área del tubo

No. Conductores < fd x (Ad/Ac)

Donde:

No. Conductores = Número máximo de conductores por instalar

fd = factor de llenado o porcentaje de ocupación permitido para el ducto

Ad = Área interior del ducto por utilizar para alojar los conductores

Ac = Área exterior de cada conductor por utilizar

Para verificar el ducto utilizado, consideramos que los conductores del circuito exclusivo en media tensión utilizado en la acometida son de cobre calibre 4/0 AWG, con aislamiento XLPE para 15 kV, con temperatura de operación de 90°C, los que tienen entre las características físicas (catalogos de fabricante), un diámetro exterior máximo de: Dc = 30,8 mm.

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
			Página 57 de 85

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

A este diámetro corresponde a un área de 745,0 mm².

Para el tendido de los cables del circuito exclusivo para la acometida en media tensión hacia la subestación eléctrica del proyecto, se usa un ducto existente de PVC de 4" de diámetro, entre el punto de conexión del teatro patria y la subestación de la sede calle 100 de la UMNG.

Revisando las características del ducto (Catalogo de Pavco), encontramos que tiene un diámetro interior mínimo de 100 mm, con un área interior de 7.853,98 mm²

De acuerdo con el CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO NTC 2050 (Primera normalización):

CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO NTC 2050 (Primera actualización)

Capítulo 9

CAPÍTULO 9 TABLAS Y EJEMPLOS

A. Tablas

Tabla 1. Porcentaje de la sección transversal en tubos conduit y tuberías, para el llenado de conductores.

Número de conductores	1	2	Más de 2
Todos los tipos de conductores	53%	31%	40%

Aplicando la expresión:

$$\text{No. Conductores} < fd \times (Ad/Ac)$$

Se obtiene:

$$\text{No. conductores} = 0,4 \times (7.853,98 / 745,0)$$

No. conductores = 4 (parte entera del resultado)

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
---------	------------	---	-----------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

En consecuencia, el ducto de 4" PVC tiene una capacidad de llenado para 4 conductores de Cobre con aislamiento XLPE para 15 kV, calibre 4/0, copando el 35,94% de su capacidad, y el ducto de 4" PVC tiene una capacidad de llenado para 3 conductores de Cobre con aislamiento XLPE para 15 kV, calibre 4/0 AWG, copando el 28,5% de su capacidad.

14.0 CÁLCULOS DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA.

En el capítulo 10.0 "Dimensionamiento de Conductores por utilizar en MT; se verificó que la acometida del circuito del circuito exclusivo que alimenta la demanda máxima diversificada de 741,2 kVA, en la Subestación eléctrica de la sede calle 100 de la UMNG; se usa conductor de cobre tipo triplex calibre 4/0 AWG, con aislamiento XLPE para 15 kV y temperatura de operación de 90°C, y conducirá 37,54A en condiciones de plena carga (demanda máxima), en circuito con una longitud de 270m.

Para el cálculo de las pérdidas en este conductor se consideran sus características eléctricas con la carga máxima diversificada de 741,2 kVA:

14.1 Resumen y conclusiones.

En resumen se tiene:

Cálculo de pérdidas para el alimentador de la UMNG	
Cobre 4/0 AWG XLPE 15 Kv	Valor parámetro
Resistencia del conductor [Ω /km]	0,184
Carga [kVA]	741,2
Corriente de la carga [A]	37,53
Longitud [m]	270
Resistencia equivalente del conductor [Ω]	0,04968
Pérdidas i^2R por conductor [W]	69,97
Pérdidas i^2R por circuito [W]	209,9

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

Horas anuales de operación [h-año]	5840
Pérdidas anuales [kWh]	1226,0
Valor kWh [\$] ⁽¹⁾	397,2
Valor pérdidas anuales [Miles de \$]	486,9

Tabla 14.1 Cálculo de pérdidas anuales de energía con conductores de cobre
Haciendo el mismo ejercicio para el conductor de aluminio con sección de 70 mm², se tiene la siguiente tabla:

Cálculo de pérdidas para el alimentador de la UMNG	
Aluminio 185 mm ² XLPE 15 Kv	Valor parámetro
Resistencia del conductor [Ω /km]	0,181
Carga [kVA]	741,2
Corriente de la carga [A]	37,53
Longitud [m]	270
Resistencia equivalente del conductor [Ω]	0,04887
Pérdidas i^2R por conductor [W]	68,83
Pérdidas i^2R por circuito [W]	206,5
Horas anuales de operación [h-año]	5.840
Pérdidas anuales [kWh]	1206,0
Valor kWh [\$] (1)	397,2
Valor pérdidas anuales [Miles de \$]	479,0

Tabla 14.2 Cálculo de pérdidas anuales de energía con conductores de aluminio

Se observa que las pérdidas operativas son menores en el conductor de aluminio un 1,6% que con conductor de cobre, pero al estar el conductor de cobre instalado, los costos de inversión de cambiar a aluminio serán 28,950 pesos / metro más costoso, considerando solamente el valor del conductor.

Fuentes de datos:

(1) Factura de servicio, mes agosto/2018 Enel-Codensa. Cuenta No. 762524-7.

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

En conclusión, con el conductor de cobre tipo triplex, calibre 4/0 AWG con aislamiento XLPE para 15 kV, instalado y en servicio las pérdidas que se presentan en la acometida a la sede calle 100, ascienden a \$486,900 anuales, suponiendo la carga máxima diversificada y 16 horas de consumo diario, durante los 365 días de año.

Las pérdidas de los conductores internos no se consideran, ya que éstas serán asumidas por el usuario y al quedar por fuera de la frontera comercial estarán registradas por el equipo de medida y facturadas por el Operador de Red.

Cálculo de pérdidas del conductor hacia la escuela de guerra (CD89854).	
Cobre 2/0 XLPE 15 Kv	Condiciones de operación
Resistencia del conductor [Ω /km]	0,292
Carga [kVA]	500
Corriente de la carga [A]	25,3
Longitud [m]	490
Resistencia equivalente del conductor [Ω]	0,14308
Pérdidas i^2R por conductor [W]	91,75
Pérdidas i^2R por circuito [W]	275,2
Horas anuales de operación [h-año]	5.840
Pérdidas anuales [kWh]	1607,4
Valor kWh industrial [\$] ⁽¹⁾	397,2
Valor pérdidas anuales [Miles de \$]	638,5

Tabla 14.3 Cálculo de pérdidas anuales de energía con conductores de cobre

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

Cálculo de pérdidas del conductor hacia la escuela de guerra (CD89854).	
Al 120mm ² XLPE 15 Kv	
Resistencia del conductor [Ω /km]	0,278
Carga [kVA]	500
Corriente de la carga [A]	25,3
Longitud [m]	490
Resistencia equivalente del conductor [Ω]	0,13622
Pérdidas i^2R por conductor [W]	87,35
Pérdidas i^2R por circuito [W]	262,0
Horas anuales de operación [h-año]	5.840
Pérdidas anuales [kWh]	1530,3
Valor kWh industrial [\$] ⁽¹⁾	397,2
Valor pérdidas anuales [Miles de \$]	607,8

Tabla 14.3 Cálculo de pérdidas anuales de energía con conductores de aluminio.

15.0 CÁLCULO DE REGULACIÓN.

15.1 Acometida en Media Tensión a 11,4 kV.

La carga que será alimentada es de 741,2kVA a 11,4 kV por consiguiente la corriente nominal para esta carga es de 37,54A.

La regulación ΔV (%) está dada por:

$$\Delta V (\%) = D (m) \times S (kVA) \times K (\% / kVA \cdot m) \text{ Donde:}$$

$$D = \text{longitud del circuito en metros}$$

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA DG 60 22A 32 Tel. (571) 248 3351 comercial@rmsingenieria.com

S = potencia en kVA

K = constante de regulación del conductor para las condiciones del circuito *Para los circuitos a 11,4 kV se toma de las Constantes de Regulación de Cables de MT y BT - Departamento Desarrollo Normas y Reglamentaciones.*

La distancia desde el punto de conexión a la acometida, desde el reconectador RC770 en el teatro patria, hasta el seccionador de entrada en la subestación de la sede calle 100, es de 270 m.

15.1.1 Datos de Entrada.

Potencia nominal de la carga (kVA)	741,2
Voltaje nominal de entrada (V)	11.400
Factor de sobrecarga (p.u.)	1,25
Longitud de circuito (m)	270
Corriente nominal (A)	37,53
Conductor XLPE 15 kV Cu 90°C	4/0 AWG

Tabla 15.1 Características de la acometida a 11,4 kV

15.1.2 Regulación de tensión.

Potencia nominal de la carga (kVA)	741,2
Longitud de circuito (m)	270
Conductor XLPE 15 kV Cu 90°C	4/0 AWG
Resistencia del conductor R (Ω /km)	0,184
Reactancia inductiva del conductor XI (Ω /km)	0,1359
Constante de Regulación (% / kVA*m)	1,7283135E-07
Momento Eléctrico (kVA*m)	200.124,0
Regulación calculada (%)	0,035

Tabla 15.2 Cálculo de regulación para la acometida en Cobre que llega a la UMNG.

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
---------	------------	---	-----------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

Potencia nominal de la carga (kVA)	741,2
Longitud de circuito (m)	270
Conductor XLPE 15 Kv Al	185mm ²
Resistencia del conductor R (Ω /km)	0,181
Reactancia inductiva del conductor XI (Ω /km)	0,164
Constante de Regulación (% / kVA*m)	1,6770900E-07
Momento Eléctrico (kVA*m)	200.124,0
Regulación calculada (%)	0,034

Tabla 15.3 Cálculo opcional de regulación para la acometida en Aluminio, que llega a la UMNG.

Potencia nominal de la carga (kVA)	500,0
Longitud de circuito (m)	490
Conductor XLPE 15 kV Cu 90°C	2/0 AWG
Resistencia del conductor R (Ω /km)	0,292
Reactancia inductiva del conductor XI (Ω /km)	0,1359
Constante de Regulación (% / kVA*m)	1,7283135E-07
Momento Eléctrico (kVA*m)	200.124,0
Regulación calculada (%)	0,035

Tabla 15.4 Cálculo de regulación para la acometida en Cobre que sale de la UMNG hacia la escuela de guerra (CD89854).

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

Potencia nominal de la carga (kVA)	500,0
Longitud de circuito (m)	490
Conductor XLPE 15 kV Al	120mm ²
Resistencia del conductor R (Ω /km)	0,278
Reactancia inductiva del conductor XI (Ω /km)	0,253
Constante de Regulación (% / kVA*m)	2,38823E-07
Momento Eléctrico (kVA*m)	245.000,0
Regulación calculada (%)	0,059

Tabla 15.5 Cálculo de regulación para la acometida en Aluminio que sale de la UMNG hacia la escuela de guerra (CD89854).

16.0 CÁLCULO MECÁNICO DE ESTRUCTURAS Y ELEMENTOS DE SUJECCIÓN DE EQUIPOS.

Este requerimiento es aplicable a las redes de distribución y las líneas de transmisión, en las que los equipos y elementos de las instalaciones requieren estructuras especiales, que demandan cálculos que garanticen su rigidez y fortaleza mecánica para soportar y proteger los conductores considerando las condiciones sísmicas, geológicas y ambientales particulares de las instalaciones en subestaciones y líneas de transmisión.

En el caso del proyecto nuestro, las instalaciones eléctricas por construir son subterráneas y por ello no requieren estructuras especiales que requieran cálculos particulares; se utilizarán canalizaciones subterráneas (cajas y ductos) normalizadas por Enel-Codensa, que cumplen con las exigencias del RETIE.

En lo respectivo a las instalaciones para baja tensión, se emplearán elementos de sujeción de uso cotidiano, que son producidos en gran escala, y que se encuentran normalizados, bien sea por el Operador de Red o por normas locales o internacionales y avaladas por el respectivo certificado de conformidad de producto exigido por el RETIE.

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
---------	------------	---	-----------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA DG 60 22A 32 Tel. (571) 248 3351 comercial@rmsingenieria.com

17.0 CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES DE FASE Y TIERRA BAJO LOS PARAMETROS DE LA NORMA IEEE STD 242 DE 2001 o IEC 60909 DE 2001.

17.1 Calculo de coordinación de protecciones.

En el análisis del sistema eléctrico de la subestación, determinamos la magnitud de las protecciones eléctricas que deben responde a una falla en cualquier punto del mismo.

Por lo anterior, como parte del diseño del sistema eléctrico se considerará la corriente de corto circuito tanto en baja tensión (208V), como en media tensión a nivel de 11.400V.

Se consideran los tiempos de respuesta de las protecciones del circuito RC770 PAT. Esta protección está compuesta por dos RECONECTADORES EN EL NODO RC con las curvas C3 con los taps en 0,75 y tap en 0,08, según la información dada por Enel-Codensa SA en la Figura 17.2 Curva de coordinación en MT, curvas 1 y 2 para tierra y fase respectivamente.

17.2 Corriente de Corto-Circuito en MT.

La corriente de corto circuito está determinada por la impedancia propia del transformador vista desde el nivel de media tensión cuando la falla ocurre en baja tensión. Esto es circulará una corriente en baja igual a:

$$(I_{cc})_{BT} = (I_n)_{BT} / U_z = 1110,3 \text{ A} / 0.06 = 18.505,0 \text{ A}$$

Refiriendo ésta corriente al lado de Media, tendremos:

$$(I_{cc})_{MT} = (I_{cc})_{BT} / (11400 / 208) = (18.505,0) / (11400 / 208) = 338 \text{ A curva 3 de la gráfica 1.}$$

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA DG 60 22A 32 Tel. (571) 248 3351 comercial@rmsingenieria.com

17.3 Tiempo de Respuesta de las Protecciones.

En baja tensión se proyecta la instalación de un interruptor automático en cada barraje del tablero general de distribución TGD, se usará interruptor 1600 ajustado en 1300 A.

Para el interruptor tenemos $I_r = I_n = 1110,3$ A. La curva característica de este interruptor se muestra en la Figura 17.1 – CB 1600A, y se refleja a nivel de media tensión en la curva 5 de la Figura 17.2 Curva de coordinación en MT (en color verde).

17.4 Corriente de corto-circuito en BT.

Para los alimentadores en BT, tenemos que se requieren conductores con ampacidad de 1.288A ($I_n=1030$ A), tomando la mayor carga de 371,3 kVA (corresponde al transformador No. 2), Acorde con la norma AE244 se seleccionan 4 conductores de 300 kcmil (THW), por fase, que tiene una ampacidad nominal de 335, aplicando los factores de ajuste considerando que van en bandeja dentro de un cárcamo y la temperatura ambiente es de 20°C, obtenemos una ampacidad 351,75A, por conductor y de 1400A por fase.

Para estos alimentadores se proyecta la instalación de un interruptor automático uno en cada barraje de tablero general de distribución **TGD**, se usará interruptor DMX-1600 ajustado en 1300 A.

La protección seleccionada es de 1300A; verificandose que protege el conductor.

El tiempo de respuesta para la corriente de CORTO CIRCUITO, se calcula teniendo en cuenta que la corriente de referencia $I_r = 1100$ A, y la relación $I_f / I_r = 24673 / 1110,3 = 22.22$, se aproxima a 22 esto para la corriente de falla igual a la corriente de ajuste del interruptor DMX 1600. El tiempo de respuesta para la corriente de corto circuito entre 0.01 y 0,03s es decir de 10 a 30ms.

Por ajuste del interruptor se limitara la corriente al valor de ajuste de $10I_r$, lo que nos permitirá una corriente de disparo para corto de 1,3 KA, la cual al ser reflejarla en MT equivaldrá a una corriente de ajuste de 152A.

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
---------	------------	---	-----------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

Interruptores automáticos de bastidor abierto DMX³ (continuación)

DATOS DE RENDIMIENTO Y CURVAS DE LIMITACIÓN

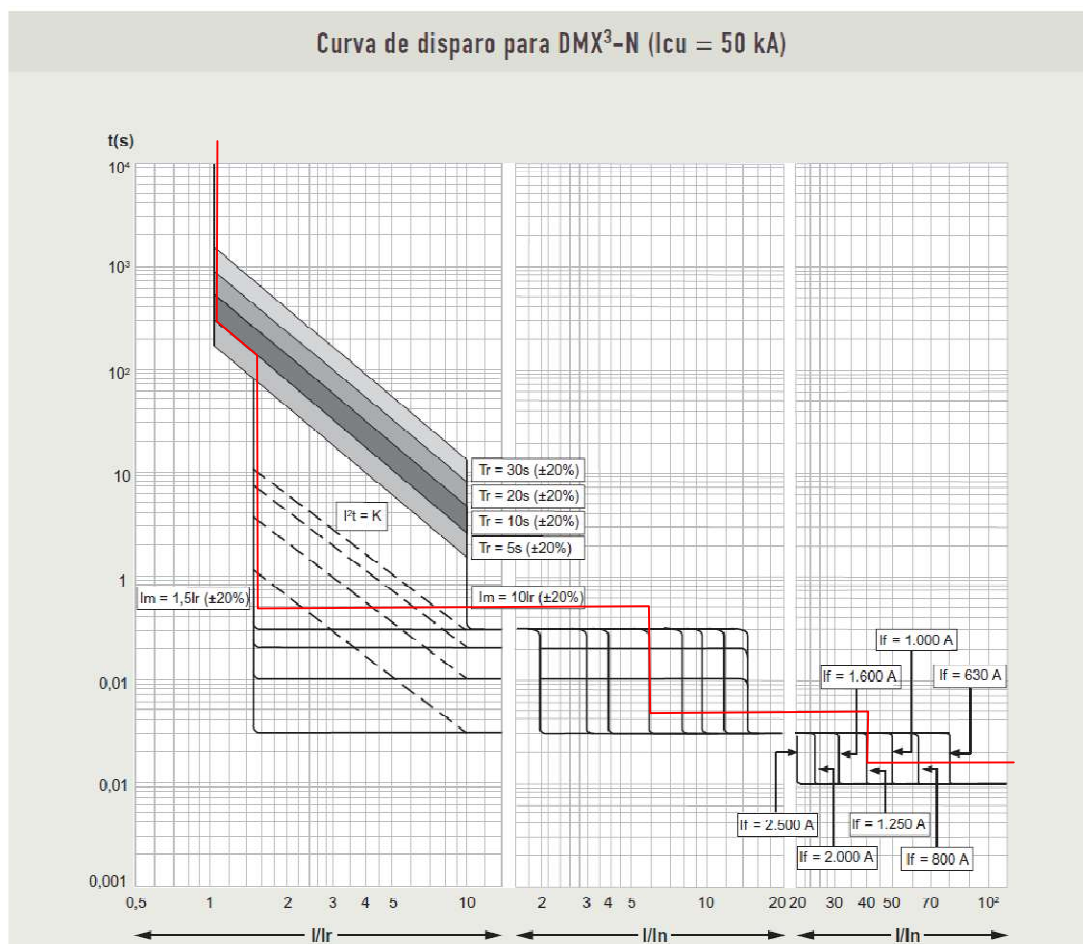


Figura 17.1 – Curva de características del interruptor automático DMX-1600A ajustado a 1300A (para I_{cc} se tiene un tiempo de despeje de la falla en 10 milisegundos)

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
Página 68 de 85			

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

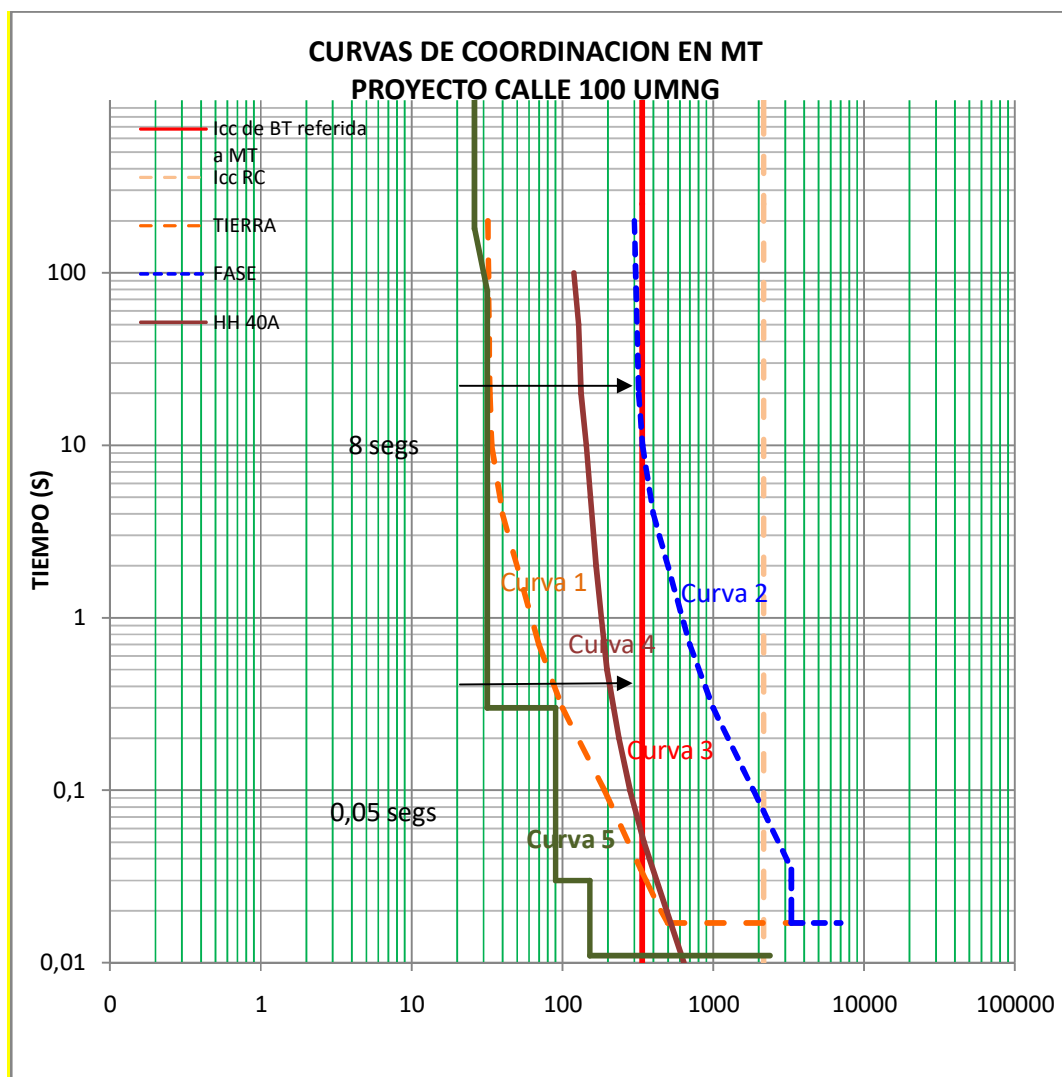


Figura 17.2 Curva de coordinación en MT

Cuando se presente la corriente de falla en baja tensión se tendría una respuesta en 0.01s, 10ms en la curva del interruptor DMX 1600, reflejada en media tensión (curva No 5) y la respuesta sería en 0.05s, 50ms para el fusible tipo HH de 40A. (Curva No 4) de la Figura 17.2.

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
Página 69 de 85			

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

El caso más crítico ocurre cuando se presenta la falla de corto en baja tensión, aguas abajo del interruptor DMX-1600 A. instalado en el TDG. Esta protección a su vez estaría respaldada por la acción del relé de fase del RC770, que actuaría en 8,0 segundos.

Así para una falla en baja tensión, responderá primero el interruptor DMX-1600 A, (es una protección dentro del TDG) antes que todas las protecciones aguas arriba. Se garantiza así la acción coordinada de las protecciones del proyecto con las protecciones del circuito alimentador del operador de red.

18.0 CLASIFICACIÓN DE ÁREAS.

Este capítulo de la documentación técnica aplica solo para los lugares que puedan contener, almacenar, utilizar o procesar vapores, líquidos o gases inflamables y polvos o fibras combustibles, por la posibilidad de que se produzcan concentraciones o cantidades de sustancias inflamables o combustibles que puedan producir incendio o explosión, como lo establece el artículo 500 de la NTC 2050-1998.

En la subestación de la sede calle100 de la UMNG, no se usan estos productos.

En consecuencia, no aplica la clasificación de áreas.

19.0 CÁLCULO Y ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE LOS BARRAJES.

En las celdas de media tensión se utilizarán barras colectoras para la distribución a los diferentes alimentadores a 11,4 kV.

La carga total que se manejará es de 741,2 kVA con una corriente nominal de 37,54 A de forma que las barras colectoras deberán tener una capacidad nominal de 46,97A.

De acuerdo con DIN 43671, esta corriente a 60 Hz puede ser conducida mediante una barra de cobre pintada con sección recta de 12 mm de ancho por 2 mm de

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
			Página 70 de 85

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

espesor, equivalente a un área de 24 mm^2 , con una temperatura ambiente de 35°C , y temperatura final de la barra en 65°C en material con conductividad de $56 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$.

Sin embargo, la fabricación estándar de las celdas se hará con barraje horizontal para 630 A.

Estas barras estarán aisladas para 17,5 kV y soportarán una corriente de corto circuito de 25 kA (1s).

Estas especificaciones superan con amplitud las condiciones nominales y de cortocircuito en el sistema de 11,4 kV en la sede calle100.

20.0 CÁLCULO Y ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA.

En el capítulo 2.0 “Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos” se determinó una demanda máxima diversificada de 741,2kVA a 11,4 kV con una corriente nominal de 37,54 A.

La medida del consumo de energía eléctrica es del tipo indirecta con tres elementos y los componentes se disponen en una celda de medida en SF6. Esta celda aloja el equipo auxiliar de medición consistente de tres transformadores de corriente de acuerdo con la Norma Técnica AE518 de Enel-Codensa, tres transformadores de potencial, borneras de prueba de acuerdo con la Norma Técnica AE516 de Enel-Codensa y un medidor electrónico conectado según esquema AE 421; AE 421-1.

20.1 Verificación de los transformadores de corriente.

En la siguiente tabla se muestran la verificación de los transformadores de corriente, considerando la demanda máxima del proyecto:

Condición	Carga [kVA]	Corriente Nominal [A]	80% In	120% In	Corriente primaria [A]	Relación de transformación
Demanda máxima	741,2	37,54	30,06	45.1	40	40:5

Tabla 20.1 Selección de los transformadores de corriente

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
---------	------------	---	-----------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

20.2 Verificación de la selección de los transformadores de potencial.

La verificación de selección de los transformadores de potencial se basa en lo especificado en la Norma Técnica de Enel-Codensa “Generalidades 7.4.2 Formas para medir la energía según la carga contratada”, en la cual se especifica que para Transformadores de potencial de uso interior y para medida en tres núcleos, la tensión de servicio debe ser $11,4/\sqrt{3}$ kV.

20.3 Características de los transformadores de medida.

De acuerdo con la Normas Técnica de Enel-Codensa “ET922 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE (TC)” y “ET923. TRANSFORMADORES DE POTENCIAL”, las características técnicas de los transformadores de medida serán las mostradas en la tabla siguiente:

Características Eléctricas	Transformador corriente (TC)	Transformador potencial (TP)
Tensión de servicio	11,4 kV	$11,4/\sqrt{3}$ kV
Tensión Nominal	15,0 kV	15 kV
Frecuencia	60 Hz	60 Hz
Clase	0,5S	0,5
Instalación	Interior	Interior
Número de núcleos	1	1
Carga	5 VA	25 VA
Tensión de ensayo a 60 Hz	34 kV	34 kV
Tensión de ensayo al impulso	95 kV	95 kV
Corrientes primarias	40A	
Corriente secundaria	5 A	
Corriente térmica (I_{th})	8 kA	
Corriente dinámica (I_d)	20 kA	
Factor de seguridad		
Tensión primaria		$12,0/\sqrt{3}$ kV
Tensión secundaria		$115/\sqrt{3}$ V

Tabla 20.2 Características de los transformadores de medida.

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
---------	------------	---	-----------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

20.4 Selección de los medidores.

Complementando el equipo de medida indirecta, se instalará un medidor electrónico con las siguientes características técnicas principales, de acuerdo con la Norma Técnica de Enel-Codensa “Generalidades 7.4.3 Medidores utilizados por Enel-Codensa” en su apartado “7.4.3.3. MEDICIÓN INDIRECTA EN M.T. (11,4 kV, 13,2 o 34.5 kV) – NIVEL 2 y 3”.

Tabla 20.3 Características del medidor

Medidor		Trifásico Trifilar en tres elementos
Tensión nominal	V	3 x 58/100...277/480 V
		Multirango en tensión
Corriente nominal	A	5
Corriente máxima	A	6 o 10
Clase		0.5S
Esquema de conexión		AE 421; AE 421-1

Fuente: Enel-Codensa.

21.0 CÁLCULO Y ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE LAS BOMBAS CONTRA INCENDIOS.

La sede de la calle 100, no cuenta en este momento con bomba eléctrica contra incendio, los sistemas existentes son de tipo manual.

La implementación de las bombas eléctricas contra incendio, se realizarán en el futuro, posterior a la normalización eléctrica de la subestación.

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
---------	------------	---	-----------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

22.0 CÁLCULO Y ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE LOS SISTEMAS DE EMERGENCIA.

La subestación eléctrica de la sede calle100, dispone de sistema de respaldo para la alimentación eléctrica de las instalaciones, con una capacidad para 717,0 kVA, cercano a la demanda máxima diversificada (741,2 kVA). El sistema está conformado por dos grupos electrógenos las siguientes características:

Aspecto	Equipo No. 1.	Equipo No. 2.
Marca	Caterpillar	Caterpillar
Modelo	3406	
Potencia (kW)	365 Prime	225 Stand by
Potencia (kVA).	456 Prime	261 Stand by
Voltaje (V)	208	480
Corriente (A)	1266	338
Frecuencia (Hz)	60	60
FP	0.8	0.8 Atraso
Clase aislamiento	H	F
Incremento de temperatura (°C)	105	130
Año	1999	

23.0 CÁLCULO Y ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE LAS ELECTROBARRAS.

Este estudio no es aplicable al proyecto, ya que en la subestación eléctrica de la sede calle100, no se empleará el sistema de electro-barras (busway) para la conexión de sus cargas.

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

Anexo 1

CATALOGO CELDAS EN SF6

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

SIEMENS



www.siemens.com/medium-voltage-switchgear

Celdas tipo 8DJH, aisladas en gas, para redes de distribución secundaria hasta 24 kV

Celdas de media tensión - Catálogo HA 40.2 - 2014

Answers for Infrastructure and cities.

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
Página 76 de 85			

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERIA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

Campo de aplicación

Ejemplos de aplicación, características técnicas, homologaciones

Las celdas 8DJH son celdas para interiores, montadas en fábrica, con ensayos de tipo, envolvente metálica tripolar para aplicaciones de embarrado simple.

Las celdas 8DJH se utilizan en redes de energía públicas e industriales en el nivel de distribución secundaria, p.ej. en:

- Centros de transformación locales y subestaciones de transferencia y de maniobra de compañías eléctricas privadas y municipales
- Instalaciones eólicas y solares, centrales hidroeléctricas
- Estaciones de depuración de aguas y aguas residuales
- Aeropuertos, estaciones de tren, estaciones de metro
- Instalaciones de minas de lignito a cielo abierto
- Edificios singulares.

Datos eléctricos (valores máximos) y dimensiones

Tensión asignada	kV	7,2	12	15	17,5	24
Frecuencia asignada	Hz	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60
Tensión soportada	kV	20 ¹⁾	28 ²⁾	36	38	50
Tensión soportada asignada de corta duración a frecuencia industrial						
Tensión soportada asignada kV de impulso tipo rayo		60 ³⁾	75 ²⁾	95	95	125
Valor de cresta de la corriente admisible asignada	kA	63	63	63	63	50
Corriente asignada de cierre en cortocircuito	kA	63	63	63	63	50
Corriente admisible asignada de corta duración 3 s	kA	20	20	20	20	20
Corriente admisible asignada de corta duración 1 s	kA	25	25	25	25	20
Corriente asignada en servicio continuo del embarrado	A	630	630	630	630	630
Corriente asignada en servicio continuo de las derivaciones	A	200/250/400	630 ³⁾			
Ancho (funciones)	mm	310/430/500 ³⁾				
Profundidad						
– sin canal de alivio de presión	mm	775	775	775	775	775
– con canal de alivio de presión	mm	890	890	890	890	890
Altura						
sin compartimento de baja tensión ni canal de alivio de presión	mm	opcionalmente: 1040/1200/1400/1700				

- 1) 32 kV/60 kV según algunos requisitos nacionales
2) 42 kV/75 kV según algunos requisitos nacionales
3) según la función de derivación y las características de equipamiento seleccionadas

Homologación nacional GOST

Por su certificación en el sistema GOST R, las celdas 8DJH están homologadas en Rusia para su aplicación en los niveles de tensión de 6 kV, 10 kV y 20 kV. Los documentos de homologación actuales están disponibles en Internet bajo www.siemens.com/8DJH. La homologación es válida en los países Rusia, Bielorrusia, Kazajstán y Ucrania.



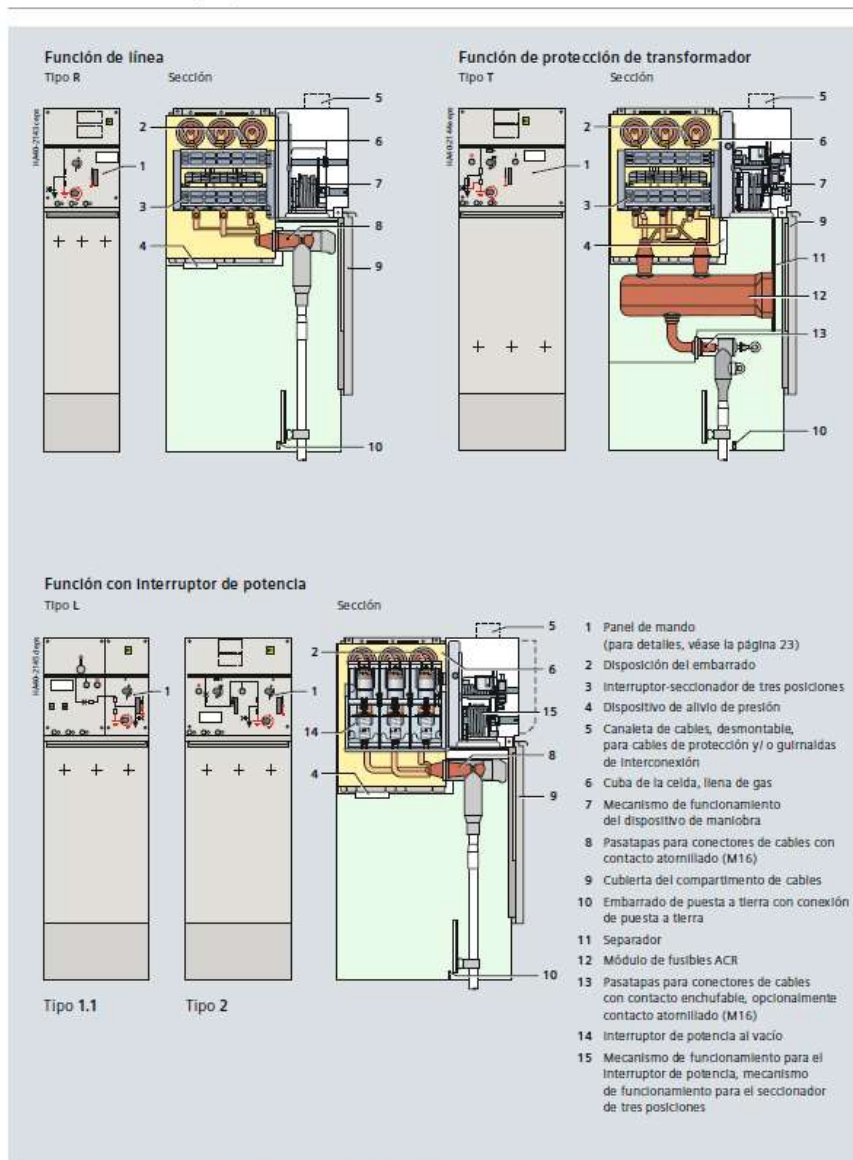
Celdas tipo 8DJH, aisladas en gas, para redes de distribución secundaria hasta 24 kV - Siemens HA 40.2 - 2014 5

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos. Página 77 de 85
---------	------------	---	------------------------------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

Diseño

Diseño de las celdas (ejemplos)



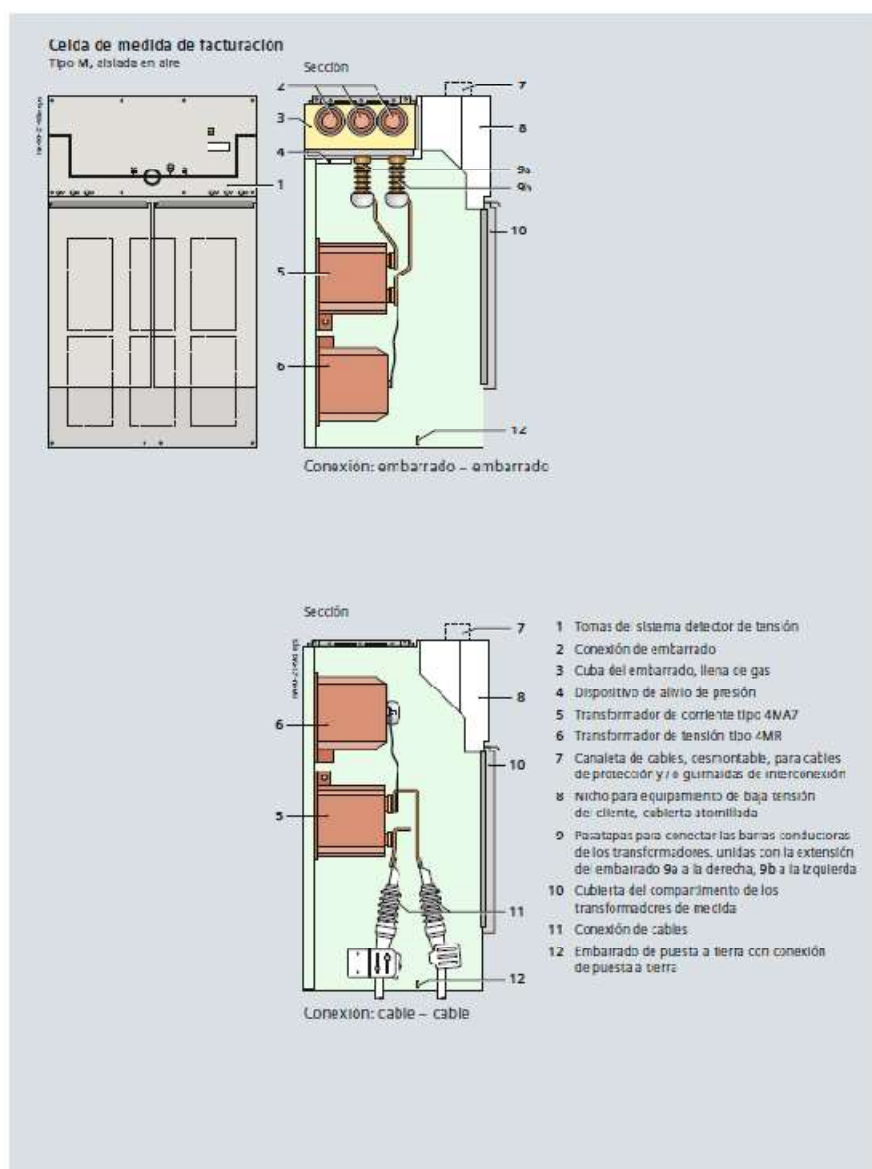
8 Celdas tipo 8DJH, aisladas en gas, para redes de distribución secundaria hasta 24 kV - Siemens HA 40.2 - 2014

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos. Página 78 de 85
---------	------------	---	------------------------------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

Diseño

Diseño de las celdas (ejemplos)



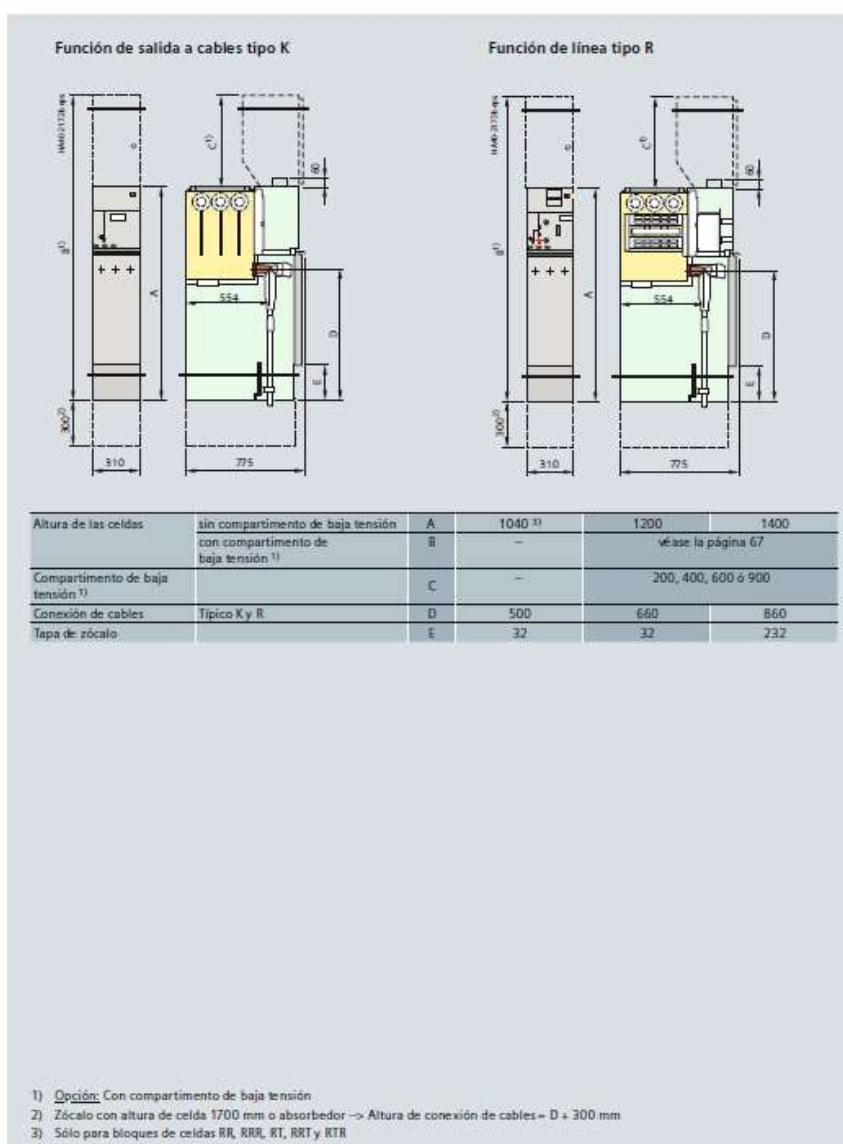
20 Celdas tipo 8D.H, aisladas en gas, para redes de distribución secundaria hasta 24 kV - Siemens HA 40.2 - 2014

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos. Página 79 de 85
---------	------------	---	------------------------------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

Dimensiones

Celdas de derivación (310 mm)



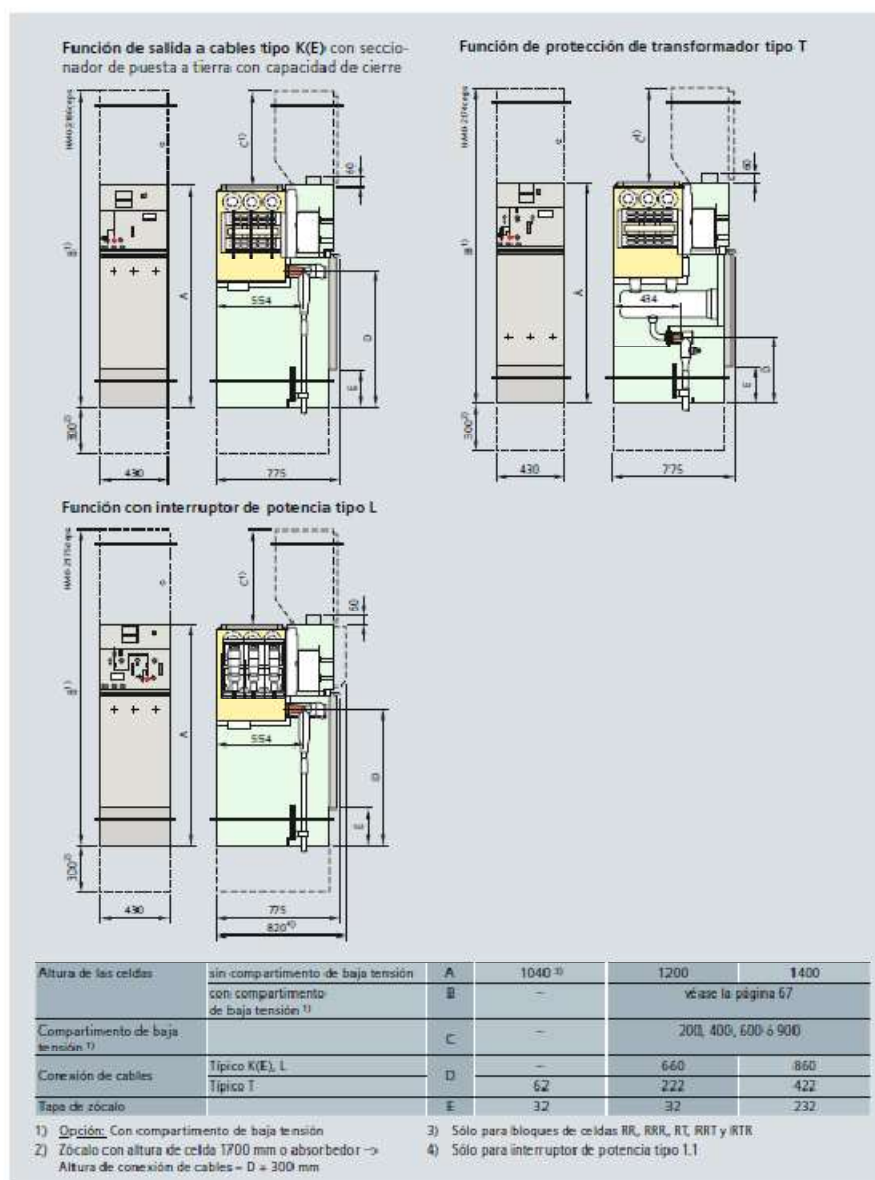
Celdas tipo 8DJH, aisladas en gas, para redes de distribución secundaria hasta 24 kV - Siemens HA 40.2 - 2014 69

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos. Página 80 de 85
---------	------------	---	------------------------------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

Dimensiones

Celdas de derivación (430 mm)



Celdas tipo BD/H, aisladas en gas, para redes de distribución secundaria hasta 24 kV - Siemens HA 40.2 - 2014

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
			Página 81 de 85

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

Dimensiones

Celda de medida de facturación como celda individual, aislada en aire



Celdas tipo 8DII-L, aisladas en gas, para redes de distribución secundaria hasta 24 kV - Siemens HA 40.2 - 2014 75

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos. Página 82 de 85
---------	------------	---	------------------------------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com



CIDET
CORPORACIÓN CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y
DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL SECTOR ELÉCTRICO

CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DE PRODUCTO

PRODUCT CONFORMITY CERTIFICATE

Modelo de Certificación
Certification Modality

Marca de conformidad
Esquema 5

No. 03928

La Corporación Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico
del Sector Eléctrico - CIDET certifica que el producto:

CIDET certifies that the product:

DENOMINACIÓN	TIPO	REFERENCIA
CELDA PARA MEDIA TENSIÓN	MODULARES AISLADAS EN GAS	SDJH

Las características e identificación de este producto se describen en el documento anexo, que hace parte integral del presente CERTIFICADO y contiene una página.

The characteristics and identification of this product are described in the attached document, which is an integral part of this CERTIFICATE

Fabricado por:
Manufactured by:

SIEMENS AG DIVISION ENERGY MANAGEMENT, MEDIUM VOLTAGE AND SYSTEM, EM MS,
planta de FRANKFURT, ALEMANIA y comercializado por SIEMENS S.A.
km 8.5 Bogotá El Vino, Vereda La Punta, Tenjo, Cundinamarca, Colombia

Satisface los requerimientos de:
Satisfies the requirements of

IEC 82271-200 ed. 2.0 / 2011 y la RESOLUCIÓN 00706 de 2013 del
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA – RETIE (Numeral 20.23)

Fecha de Certificación: 10 / 08 / 2018
Última Actualización: 29 / 08 / 2017
Fecha de Vencimiento: 28 / 08 / 2020

Fecha máxima para la finalización de los auditorios de seguimiento: 28 / 08 / 2018 y 28 / 08 / 2019



Juan Pablo Rojas Duque
Gerente CIDET-Certificación
Certification CIDET Manager

JUAN PABLO ROJAS DUQUE

Firmado digitalmente por
JUAN PABLO ROJAS DUQUE
Fecha: 2017.08.21
151358-85100

CIDET realiza la verificación y el seguimiento a las características del producto que dan origen a esta certificación. Las novedades y vigencia de este certificado, pueden ser consultadas en la página www.cidet.org.co



ACREDITADO
ONAC
ORGANISMO NACIONAL DE CALIDAD
REGISTRO DE CALIDAD
ISO/IEC 17045:2002
05-CPR-004

Modelos: Carrera 43 No. 58-11 (4to. Oriente), Piso 13. Tel: (+574) 444 12 11 Fax: (+574) 444 0400

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
---------	------------	---	-----------------

	Subestación – Serie 3 Subestación Eléctrica CII 100 - UMNG Cr.11 No. 101-80 - Loc. Usaquén - B. Rincón del Chico Factibilidad 21331240	RMS! SAS DISEÑADOR
MEMORIAS DE CALCULO		RMS INGENIERA LTDA
		DG 60 22A 32
		Tel. (571) 248 3351
		comercial@rmsingenieria.com



CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DE PRODUCTO No. 03928

FECHA DE CERTIFICACIÓN: 10 / 09 / 2010

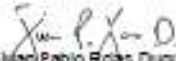
ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN: 20 / 01 / 2017

FECHA DE VENCIMIENTO: 28 / 01 / 2020

ANEXO DE CARACTERÍSTICAS E IDENTIFICACIÓN DE
CELLOS DE MEDIA TENSIÓN
FABRICADAS POR SIEMENS AG DIVISION ENERGY MANAGEMENT, MEDIAN VOLTAGE AND SYSTEM, EM
MS PLANTA DE FRANKFURT, ALEMANIA Y COMERCIALIZADAS POR SIEMENS S.A., UBICADA EN EL km 8.5
BOGOTÁ, EL VINO, VEREDA LA PUNTA, TENJO CUNDINAMARCA, COLOMBIA

Tipo		Modulos estables en gas
Referencia		8DJH
Corriente Nominal (In)		630 A
Tensión Nominal (Un)		24 kV
Tensión de Operación (Uo)		Hasta 24 kV
Corriente admisible asignada de corta duración (I _{sc})		55 kA - 1 s
Corriente pico (Ip)		152.5 kA
Clasificación de arco interno (IAC)		A (F, L, R) 20 kA - 1s
Frecuencia nominal (f _n)		60 Hz
Categoría de servicio		LS/C1 - PM y LS/C2 - PM
Medio de verificación del cortocircuito y arco interno		Ensayo físico
Marca de la envolvente o envasamiento		Siemens
Dimensiones	Altura	Desde 1000 mm hasta 1250 mm
	Ancho	Desde 430 mm hasta 1100 mm
	Profundidad	Desde 620 mm hasta 1035 mm
Característica de la pintura		ISO 9001 (ISO 9001)
Resistencia a corrosión		400 horas
Grado de protección		IP 07 para la envolvente de las celdas; IP 65 para todas las partes de circuito primario bajo alta tensión; IP 2X / IP 3X como mínimo para la envolvente de las celdas; IP 24 Accesorio envolvente de conductos para cable exterior
Aisladores		Siemens
Barraje		Cable 30x10 mm, barra sencilla
Equipo de maniobra		Interrupción 3A/3AL, Siemens, seccionador de linea protección GIN, Siemens
Ventana de inspección		Las celdas en GTE con barras en barras de inspección y alambre de acero en la parte de las cables, vería según el ancho de la celda
Construcción	Calibre de la estructura	25 mm
	Calibre de las tapas	2 mm
	Calibre de los puertos	2 mm
	Tipo de cable	Cable
	Calibre y tipo del cable para puente equipotencial de la envolvente	Conexión directa de la envolvente a la barra de tierra
Aplicación		Equipos de almacenamiento subterráneos en media tensión gas GPR
Referencia		Para redes de distribución secundaria hasta 24 kV IEC 6227-200 ed. 2/02/2011 y la RESOLUCIÓN 90796 de 2013 del MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA - RETE (Número 20 20)

Atentamente,


Juan Pablo Rojas Duque
Gerente CIDET Certificación

RAD-004	30/11/2019	Serie 3 - UMNG CII 100 - 1 Cuenta - Nivel 2	F. Castellanos.
			Página 85 de 85