

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
SECRETARIA DE EDUCACIÓN
SUBSECRETARIA DE ACESO Y PERMANENCIA
DIRECCIÓN DE CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE ESTABLECIMIENTOS EDUCATIVOS

PROYECTO: COLEGIO BOITA
CONTRATO DE CONSULTORIA 519 DE 27/12/2019



CONSULTOR: MC CONSTRUCCIONES Y CONSULTORIAS SAS



CONTENIDO: **MEMORIA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS NORMAL Y
REGULADA, DE VOZ, DATOS**

ELABORADA POR: ING. NELSON SAAVEDRA TRUJILLO
M.P. 17205-19368

JUNIO 2021

1

Carrera 43 # 10A-37 Cali-Colombia – Tel (57) (2) 392 4603- Cel 315 566 1024 Email: contacto@seie.co

PROYECTO COLEGIO BOITÁ
CALLE 45 SUR # 72Q-20, LOCALIDAD
KENNEDY, BOGOTA D.C.



NOMBRE: NELSON SAAVEDRA TRUJILLO

MATRICULA PROFESIONAL: 17205-19368

FIRMA: 

FECHA: JUNIO DE 2021

NELSON SAAVEDRA
MAYO 2021 – REVISION JUNIO 2021

TABLA DE CONTENIDO

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	5
PLANTA LOCALIZACION GENERAL.....	6
PLANOS DEL PROYECTO ELÉCTRICO.....	6
DEFINICIONES.....	8
CRITERIOS DE DISEÑO.....	8
SALIDAS DE ALUMBRADO Y TOMAS.....	8
A. ANÁLISIS Y CUADROS DE CARGAS, INCLUYENDO ANÁLISIS DE FACTOR DE POTENCIA Y ARMÓNICOS.....	8
B. ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO.....	17
C. ANÁLISIS DE CORTOCIRCUITO Y FALLA A TIERRA EN BAJA TENSION.....	20
D. ANÁLISIS DE NIVEL DE RIESGO POR RAYOS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS. 22	
NORMATIVIDAD APLICADA.....	22
Determinación de la Densidad de Descargas a Tierra (DDT).....	23
Corriente pico absoluta promedio: $I > 40$ KA para Colombia.....	23
Evaluación del Riesgo de las Estructuras.....	23
Evaluación del riesgo del edificio sin medidas de protección.....	24
Evaluación del riesgo del edificio con medidas de protección.....	25
Resultados de la Evaluación del Riesgo.....	25
Conclusiones:.....	26
TABLA 4. Resumen de La Evaluación del Riesgo por Rayos para el Edificio.....	27
TABLA 5. Resumen Medidas de Protección.....	27
DISEÑO DE LAS MEDIDAS DE PROTECCION CONTRA EL RAYO.....	29
SISTEMA DE CAPTACIÓN.....	30
SISTEMA DE BAJANTES.....	30
SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS.....	31
Cálculo de la Resistencia de Puesta a Tierra de la malla de pararrayos.....	32
Cálculo del calibre del conductor de la Bajante y del Sistema de Puesta Tierra.....	32
Disposición Del Sistema.....	33
TABLA 6 : Cálculos del sistema de Protección contra pararrayos.....	34
Verificación De Condiciones De Tensiones De Paso Y De Toque.....	35
1. SISTEMA DE PROTECCIÓN INTERNA (SPI).....	35
DPS Para Tablero Principal.....	36
DPS Para Equipos Sensibles Importantes.....	36
RECOMENDACIONES DE DISEÑO Y CONSTRUCCION.....	36

RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO.....	37
GUÍA GENERAL DE SEGURIDAD PERSONAL DURANTE TORMENTAS ELÉCTRICAS PARA LOS EDIFICIOS.	38
LIMITACIONES.....	39
E. ANÁLISIS DE RIESGOS DE ORIGEN ELÉCTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS.....	40
E.1 FACTORES DE RIESGO ELÉCTRICO MÁS COMUNES	40
F. ANÁLISIS DEL NIVEL TENSIÓN REQUERIDO.....	52
G. CÁLCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS PARA ASEGURAR QUE, EN ESPACIOS DESTINADOS A ACTIVIDADES RUTINARIAS DE LAS PERSONAS, NO SE SUPEREN LOS LÍMITES DE EXPOSICIÓN DEFINIDOS EN LA TABLA 14.1	54
H. CÁLCULO DE TRANSFORMADOR INCLUYENDO LOS EFECTOS DE LOS ARMÓNICOS Y FACTOR DE POTENCIA EN LA CARGA	54
I. CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....	55
J. CÁLCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES, TENIENDO EN CUENTA TODOS LOS FACTORES DE PÉRDIDAS, LAS CARGAS RESULTANTES Y LOS COSTOS DE LA ENERGÍA.	61
K. VERIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la NORMA IEC 60909, IEEE 242, capítulo 9 o equivalente.....	63
L.CÁLCULO MECÁNICO DE ESTRUCTURAS Y DE ELEMENTOS DE SUJECIÓN DE EQUIPOS.	64
M. CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTES. EN BAJA TENSIÓN SE PERMITE LA COORDINACIÓN CON LAS CARACTERÍSTICAS DE LIMITACIÓN DE CORRIENTE DE LOS DISPOSITIVOS SEGÚN IEC 60947-2 ANEXO A.....	64
N. CÁLCULOS DE CANALIZACIONES (TUBO, DUCTOS, CANALETAS Y ELECTRODUCTOS) Y VOLUMEN DE ENCERRAMIENTOS (CAJAS, TABLEROS, CONDULETAS, ETC.).....	73
O. CÁLCULOS DE REGULACIÓN.....	78
P. CÁLCULOS DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA.....	80
Q. CLASIFICACIÓN DE ÁREAS.....	81
R. ELABORACIÓN DE DIAGRAMAS UNIFILARES.	81
S. ELABORACIÓN DE PLANOS Y ESQUEMAS ELÉCTRICOS PARA CONSTRUCCIÓN.....	81
T. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN COMPLEMENTARIAS A LOS PLANOS, INCLUYENDO LAS DE TIPO TÉCNICO DE EQUIPOS Y MATERIALES Y SUS CONDICIONES PARTICULARES. ...	81
U. ESTABLECER LAS DISTANCIAS DE SEGURIDAD REQUERIDAS.....	81
Distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones	82
Profundidad de los espacios de trabajo en equipos eléctricos.	84
ANEXOS	85
ANEXO 1: CARACTERISTICAS TECNICAS CORRESPONDIENTES A DISEÑO SUBESTACION TIPO SECO, NORMAS CTS-518, CTS 518-2, CTS 519, CTS 519-2, CTS548-1	85
ANEXO 2: CALCULOS SISTEMA CONTRA INCENDIO: RETIE 28.3.11.....	91
ANEXO 3: ESTUDIO DE RESISITIVIDAD DEL TERRENO.....	96
ANEXO 3: CERTIFICADO DE CALIBRACION DE EQUIPO DE MEDICIÓN.	103
ANEXO 4. APARTES DE RESOLUCION CREG 038 DE 2014.	106

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

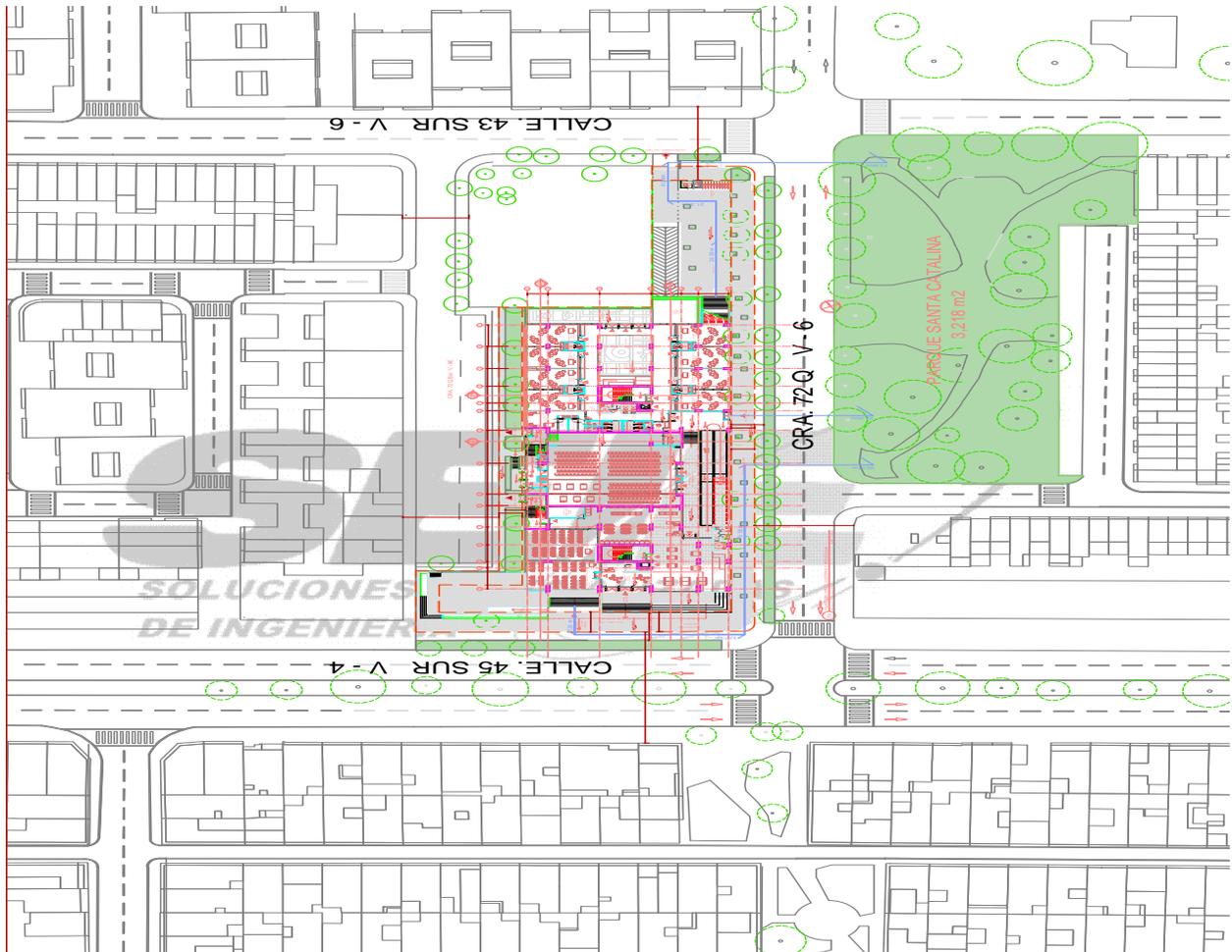
El presente proyecto tiene como objeto construir las instalaciones eléctricas de Media Tensión, Transformación y Generación, Medición y Distribución en baja tensión, así como las instalaciones de Alumbrado interior y de emergencia, tomas generales, regulados y especiales para el Colegio Boitá. Para ello se dispondrá de un transformador Seco, Clase F, de 500kVA y una planta eléctrica de 363 KVA. El colegio Boitá está ubicado en la dirección CL 45 Sur # 72Q-20, Localidad 8 Kennedy, Bogotá D.C.

Las instalaciones se alimentan mediante una extensión de red subterránea de media tensión a 11.4 kV, de 133 m de longitud, hasta el transformador en conductor 3x180 mm² AL, XLPE-15KV.

Componentes principales:

- Cambio de red aérea a subterránea para alimentar subestación interior tipo seco, clase F, en un tramo subterráneo de 133 m.
- Extensión de red subterránea, de media tensión, 11,4 kV, de 133 m de longitud total, que incluye derivación desde el poste, tramos verticales, tramos horizontales y reserva en cajas de inspección.
- Transformador Tipo seco, Clase F, de 500 kVA, 11,4 kV/ 208v-120v y planta de emergencia de 363 KVA/290.4 kW, stand by.
- Bomba de la red contraincendios de 125 HP y Jockey de 3 HP.
- Tablero General de Distribución con doble barraje y transferencia automática general de 1500 A a 208V.
- Transferencia automática de 500 A exclusiva para bomba contraincendios.
- Sistemas de bombeo para Agua Potable, bombas de achique y bombas de Drenaje.
- Iluminación exterior de Zonas verdes, senderos y parqueaderos.
- Iluminación interior, de emergencia, tomas generales, regulados y especiales.
- Instalaciones de voz y datos, sonido, seguridad electrónica.

PLANTA LOCALIZACION GENERAL



PLANOS DEL PROYECTO ELÉCTRICO.

Los planos del proyecto del sistema eléctrico muestran en planta la ubicación de las redes de media tensión existentes, la extensión de Media tensión a construir, las instalaciones internas a construir, la protección contra el rayo, la ubicación de salidas de iluminación exterior de senderos, parqueaderos y zonas verdes, iluminación interior general y de emergencia, tomacorrientes para las oficinas y áreas comunes, tomacorrientes regulados y para la iluminación de los escenarios, con base en los planos Arquitectónicos.



Adicionalmente se muestran los circuitos correspondientes a cada salida, la disposición de la tubería y la cantidad de conductores en cada tramo.

REDES DE MEDIA TENSIÓN, NORMAS CODENSA PARA REDES Y CANALIZACIONES SUBTERRANEAS

El punto de conexión será en poste en existente de las redes CODENSA, ubicado frente a la dirección CL 43 SUR No 72Q-30 (Coordenadas 0.260628, -74.15474).

Se construirán 133 m de red trifásica subterránea, en media tensión (11.4 KV), en conductor de Aluminio Aislado XLPE-15 KV, pantalla en hilos, 3No. 185 mm²; también bancos de seis (6) ductos, según Norma CS212, hasta la segunda cámara CS-280, contabilizada desde el punto de conexión, pasando por 2 cámaras CS276; desde allí se ingresa al sótano del edificio con banco de 4x6" PVC pasando por 3 cámaras CS280 y una última cámara CS276, hasta el cárcamo de MT construido en la subestación, según norma de construcción de CODENSA CS217.

TIPO DE MEDIDA A INSTALAR, GRUPO DE MEDIDA NORMA AE-319

Se tendrá una Medición principal, en armario para medición y TC's Norma Codensa AE319 , Alternativa 3, medición Semidirecta en BT, con medidor trifásico según generalidades CODENSA 7.4.3, y 3TC'S de (800/5) A, y se tendrá un segundo grupo de medida por BT para el sistema contra incendio BCI, para medida semidirecta por BT, en armario para medición y TC's Norma Codensa AE319 , Alternativa 3 y 3TC'S de 300/5 A, ubicados en cuarto contiguo a la subestación, destinado para los equipos de BT, según características mostradas más adelante.

INSTALACIONES INTERNAS

Las instalaciones internas cumplen con lo establecido en la NTC 2050, Normas CODENSA y con el reglamento técnico de instalaciones Eléctricas RETIE.

CUADRO RESUMEN DEL PROYECTO

NOMBRE DEL PROYECTO	Colegio BOITÁ
UBICACIÓN	CL 45 SUR # 72Q-20, Localidad 8 Kennedy, Bogotá D.C.
PROPIETARIO	Secretaria de educación Distrital
NUMERO DE CUENTAS	2
NUMERO DE TRANSFORMADORES	1
CAPACIDAD DE TRANSFORMADOR –KVA	Tipo Seco, Clase F, 500 KVA 11.4KV/208V-120V
CAPACIDAD DEMANDADA - KVA	473,1 KVA

LONGITUD RED UBERRANEA 11.4 KV EN MTS	133 m subterránea
CALIBRE CONDUCTOR DE 11.4KV	3x185 mm ² XLPE 15 kv, Aluminio, para la bajante y el tramo subterráneo de 103 m
TIPO DE MEDIDA PPAL DEL PROYECTO	medida indirecta norma ae-319 con 3 TC's (800/5) A
DISPOSICION DE LA SUBESTACION	Tipo Seco, Clase F, con seccionador de maniobras de 3 vías.
CONDUCTOR RED DE B.T. PARA In = 1.388 A / Fase, corregido por regulación	6x(3x500kcm+1x500kcm+1x2AWG T), AL, HFFRLS, 600v, 75°C.

DEFINICIONES

Siempre que se utilicen palabras estrictamente técnicas en la presente memoria su significado será el que corresponde al de las Normas Técnicas Colombianas NTC 2050, RETIE y RETILAP.

CRITERIOS DE DISEÑO

Los criterios básicos de diseño para la elaboración del proyecto eléctrico fueron:

SALIDAS DE ALUMBRADO Y TOMAS

Las salidas de alumbrado y tomacorrientes, se diseñaron con base en las áreas a servir y los niveles de iluminación recomendados por Retilap e Iesna.

A. ANÁLISIS Y CUADROS DE CARGAS, INCLUYENDO ANÁLISIS DE FACTOR DE POTENCIA Y ARMÓNICOS.

- Carga demandada del Tablero General de Distribución Colegio Boitá: 374,74 KVA (269,68 KW).
- Carga demandada del Tablero Bombas contra incendio Colegio Boitá: 127,4KVA. Ver cálculos en en anexo 2 al final de este documento.

Cuando el Sistema de Bombas contra Incendio (RCI) opera, se deslustra parte de la carga de TGD para soportar las cargas obligatorias y al del sistema RCI. La protección de la acometida de TDG se calcula, tomado en consideración la carga del tablero y la reserva del TR, lo cual totaliza 500 KVA.

CUADRO DE CARGAS TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION, TGD							
TGD- TORRE A. TABLERO TRIFÁSICO, 120 / 208V , Barraje CU, Fases y Neutro: 1x(25x3) mm ² / 496 A+Tierra: 1x(15x3) mm ² / 244 A, 208-120V							
TABLERO ELECTRICO derivado	CARGA INSTALABLE (VA)				BREAKERS	CALIBRE ALUMINIO	OBSERVACIONES
	ILUMINACION	TOMAS	OTRAS CARGAS	CARGA TOTAL	A	AWG/KCM	
TGE- TABLERO GENERAL DE EMERENCIA	43.701,9	52.352,7	266.798,3	362.852,8	3x1200Amp	4x(3No.500KCM+1No. 500 KCM N +1No.1/0AWG T); Al	TABLERO GENERAL DE EMERGENCIA
TE-SEC1	5.190,9	9.180,0	6.000,0	20.370,9	3x60Amp	3No. 4F+ 1No. 6N+ 1No. 8T Cu	TABLERO NORMAL DE ULTIMOS PISO DE TORRE B
TGD-TORREA	17.376,9	24.300,0	42.345,7	84.022,6	3x330Amp	2X(3No.400KCM+1No.400 KCM+ 1No. 2AWG T), AL	TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION TORRE A
TOTAL	66.269,7	85.832,7	315.144,0	467.246,3	3x1600Amp	6X(3No.500KCM+1No.500 KCM+ 1No. 2AWG T), AL	ACOMETIDA DE TABLERO TGD, DE L=13m
RESUMEN DE CARGA INSTALABLE							
ILUMINACION							66.270
TOMAS							85.833
TOMAS ESPECIALES							315.144
CARGA TOTAL INSTALADA (VA)							467.246
CALCULO DE CARGA DEMANDADA							
ILUMINACION (100%)			100%				66.270
TOMAS (Primeros 10kva al 100%, el resto al 50%)							50.085
TOMAS ESPECIALES			73%				229.386
CARGAS CONTINUAS							66.270
CARGAS NO CONTINUAS							279.470
TOTAL CARGAS CONTINUAS + CARGAS NO CONTINUAS (VA)							345.740
CONTENIDO DE ARMONICOS DE CARGAS							
THD PARA ILUMINACION LED:							20%
THD PARA TOMAS GENERALES:							< 15%
THD PARA TOMAS ESPECIALES -MOTORES							< 15%
THD PARA TOMAS ESPECIALES -SECADORES DE MANOS							< 15%
THD PARA TOMAS ESPECIALES - COMPUTADORES							58%
CALCULO DE CONDUCTORES DE FASE							
CARGA NO CONTINUAS (VA)							279.470
CARGAS CONTINUAS AL 125% (VA)							82.837
TOTAL CARGAS NO CONTINUAS + 1.25 x CARGAS CONTINUAS							362.307
CORRIENTE PARA COMBINACION DE CARGAS CONTINUAS Y NO CONTINUAS (A)							1.005,7
CORRIENTE DE ARMONICOS, SEGÚN IEC 60364-5-51							316,2
CORRIENTE PARA SELECCIÓN DE CONDUCTOR, CONSIDERANDO ARMÓNICOS SEGÚN IEC 60364-5-52							1.321,9
CORRIENTE NOMINAL (A)							1.600
CALIBRE MINIMO DEL CONDUCTOR DE FASE , Cu, por ducto en longitud de 3. m (Tabla 310-16)						CAPACIDAD DE 500 KCM = 380 A.	5x500 kcm
CALCULO DE CONDUCTOR DE NEUTRO							
MAXIMA CORRIENTE DE DESBALANCE (A)							489,2
CORRIENTE PARA SELECCIÓN DE CONDUCTOR NEUTRO, CONSIDERANDO ARMÓNICOS EN FASES SEGÚN IEC 60364-5-52							1.169
CORRIENTE NOMINAL DEL NEUTRO, CONSIDERANDO ARMÓNICOS SEGÚN IEC 60364-5-52							1.169,4
CALIBRE MINIMO DE CONDUCTOR DE NEUTRO, Cu, (AWG o kcm)						CAPACIDAD DE 500 KCM = 380 A.	5x350kcm
CALIBRE MINIMO DE CONDUCTORES DE ACOMETIDA:							5x(3No.500 kcm+1No. 350kcm N+ 1No.2AWG T), CU
CALIBRE ACOMETIDA SELECCIONADA POR REGULACION, Incluyendo potencia de reserva (Total 500 KVA):							6X(3No.500KCM+1No.500 KCM+ 1No. 2AWG T), AL
PROTECCIÓN ACOMETIDA:							Regulable, lcu. 50kA, lcs 100% 3x1600Amp
CANALIZACION ACOMETIDA:							Tubo conduit IMC, PVC o Bandeja tipo Rejilla. Carcamo de 60x50x1,70 cm

Nota: Se calculan la acometida y protecciones considerando la carga, factor de potencia y análisis de armónicos.



CUADRO DE CARGAS TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION DE EMERGENCIA , TGE													
TGE. TABLERO TRIFÁSICO, 120 / 208V , Barraje CU, Fases y Neutro: 1x(100x10) mm ² / 2.481 A + Tierra 1x(50x10) mm ² / 1.359A, 208-120V													
TABLERO ELECTRICO derivado	CARGA INSTALABLE (VA)				FACTOR DE DEMANDA	FACTOR DE POTENCIA	CARGA DEMANDA MAXIMA VA	L1	L2	L3	BREAKERS	CALIBRE Cu AWG/KCM	OBSERVACIONES
	ILUMINACION	TOMAS	OTRAS CARGAS	CARGA TOTAL				A	A	A			
TE-SUB	1.570,0	1.260,0	6.000,0	8.830,0	0,54	0,90	4.810,0	23,6	28,8	28,8	3x30 Amp	4No.8+1No.8T	TABLERO DE SUBESTACION
TE-SOTANO	3.532,6	3.240,0	3.000,0	9.772,6	0,79	0,90	7.762,6	29,3	28,2	27,8	3x30 Amp	4No.8+1No.8T	TABLERO DE SOTANO
TE-ASC1-2	0,0	0,0	7.840,0	7.840,0	1,00	0,72	7.840,0	20,7	20,7	20,7	3x30 Amp	4No.8+1No.8T	TABLERO DE ASCENSOR SERVICIOS COC
TE-ASC3	0,0	0,0	7.130,0	7.130,0	1,00	0,72	7.130,0	24,7	24,7	24,7	3x30 Amp	4No.8+1No.8T	TABLERO DE ASCENSOR TORRE B
TE-BOMBAS	0,0	0,0	72.990,0	72.990,0	1,00	0,80	72.990,0	202,6	202,6	202,6	3x250 Amp	3No.250 kcm +1No.2T	TABLERO DE BOMBAS DE PRESION, EYECTORAS, ETC.
TE-Z.C. TORRE B	7.447,2	8.732,2	0,0	16.179,4	0,73	0,90	11.813,3	43,2	45,8	45,8	3x50 Amp	3No.6+1No8+1No.8T	TABLERO DE ZONAS COMUNES TORRE B
TE-PRIMNF	6.765,1	10.980,0	15.500,0	33.245,1	0,67	0,90	22.370,1	95,9	102,6	96,4	3x80 Amp	3No.4+1No6+1No.8T	TABLERO DE CIRCUITOS NORMALES PARA PRIMEROS PISOS TORRE B
TE-CANCHA1	1.165,6	2.880,0	2.500,0	6.545,6	1,00	0,90	6.545,6	17,9	19,0	17,3	3x40 Amp	4No.8+1No.8T	TABLERO CANCHA 1
TGE-TORRE A	18.195,4	21.480,4	91.046,8	130.722,7	0,89	0,88565	115.774,7	342,2	337,6	347,6	3x125 Amp	4No.10+1No.12T	A.A. DE CUARTO DE COMUNICACIONES PRINCIPAL
TR-T1B			8.657,1	8.657,1	0,90	0,70	7.791,4		35,7	36,5	2x50 Amp	2No. 6F+ 1No. 6N+ 1No. 6T	TABLERO REGULADO SOTANO Y PRIMERA INFANCIA
TR-T2B			6.557,1	6.557,1	0,90	0,70	5.901,4		28,3	28,4	2x50 Amp	2No. 6F+ 1No. 6N+ 1No. 6T	TABLERO REGULADO COMEDOR Y BASICA PRIMARIA
TR-T3B			9.778,6	9.778,6	0,90	0,70	8.800,7		42,6		2x50 Amp	2No. 6F+ 1No. 6N+ 1No. 6T	TABLERO REGULADO AA SECUNDARIA Y TALLERES SECUNDARIA
TR-T4B			8.278,6	8.278,6	0,90	0,70	7.450,7		44,0	41,9	2x50 Amp	2No. 6F+ 1No. 6N+ 1No. 6T	TABLERO REGULADO TALLERES SECUNDARIA Y ZONA RECREATIVA SECUNDARIA
TE- COC	5.026,0	3.780,0	27.520,0	36.326,0	0,86	0,86	30.822,0	103,7	106,7	100,6	3x125 Amp	4No.10+1No.12T	A.A. DE CUARTO DE COMUNICACIONES PRINCIPAL
TOTAL	43.701,9	52.352,7	266.798,3	362.852,8	0,88	0,76	317.802,6	990,3	1.019,7	1.017,1	3x1200 Amp	4x(3No.500KCM+1No. 500 KCM N +1No.1/0AWG T); AI	ACOMETIDA DE TABLERO TGE, DE L=84m

RESUMEN DE CARGA INSTALABLE

ILUMINACION	43.702
TOMAS	52.353
TOMAS ESPECIALES	266.798
CARGA TOTAL INSTALADA (VA)	362.853

CALCULO DE CARGA DEMANDADA

ILUMINACION (100%)	100%	43.702
TOMAS	60%	31.176
TOMAS ESPECIALES	91%	242.924
CARGAS CONTINUAS		43.702
CARGAS NO CONTINUAS		274.101
TOTAL CARGAS CONTINUAS + CARGAS NO CONTINUAS (VA)		317.803

CONTENIDO DE ARMONICOS DE CARGAS

THD PARA ILUMINACION LED:	20%
THD PARA TOMAS GENERALES:	< 15%
THD PARA TOMAS ESPECIALES -MOTORES	< 15%
THD PARA TOMAS ESPECIALES -SECADORES DE MANOS	< 15%
THD PARA TOMAS ESPECIALES -COMPUTADORES	58%

CALCULO DE CONDUCTORES DE FASE

CARGA NO CONTINUAS (VA)	274.101
CARGAS CONTINUAS AL 125% (VA)	54.627
TOTAL CARGAS NO CONTINUAS + 1.25 x CARGAS CONTINUAS	328.728
CORRIENTE PARA COMBINACION DE CARGAS CONTINUAS Y NO CONTINUAS (A)	912,5
CORRIENTE DE ARMONICOS, SEGÚN IEC 60364-5-51	300,6
CORRIENTE PARA SELECCIÓN DE CONDUCTOR, CONSIDERANDO ARMÓNICOS SEGÚN IEC 60364-5-52	1.213,0
CORRIENTE NOMINAL (A)	1.200
CALIBRE MINIMO DEL CONDUCTOR DE FASE , Cu, por carcamo de L= 0,4 m, (AWG o kcm)	CAPACIDAD DE 500 KCM = 620 A.
	2x500 kcm

CALCULO DE CONDUCTOR DE NEUTRO

MAXIMA CORRIENTE DE DESBALANCE (A)	319,2
CORRIENTE POR EL NEUTRO CONSIDERANDO ARMÓNICOS SEGÚN IEC 60364-5-52	1.061
CORRIENTE PARA SELECCIÓN DE CONDUCTOR, CONSIDERANDO ARMÓNICOS SEGÚN IEC 60364-5-52	1.061,0
CALIBRE MINIMO DE CONDUCTOR DE NEUTRO, Cu, (AWG o kcm)	2x500 kcm
CALIBRE MINIMO DE CONDUCTORES DE ACOMETIDA:	CAPACIDAD DE 500 KCM = 620 A.
CALIBRE ACOMETIDA SELECCIONADA POR REGULACION:	2x(3No.500 kcm+1No. 500 kcm)+ 1No.3/0 AWG, CU
PROTECCIÓN ACOMETIDA:	4x(3No.500KCM+1No. 500 KCM N +1No.1/0AWG T); AI
CANALIZACION ACOMETIDA:	Regulable, Icu. 50kA, Ics 100% 3x1200Amp L=0,40cm
	Carcamo de 60x70cm y al aire en celdas

CUADRO DE CARGAS TABLERO GENERAL DE EMERGENCIA TORRE A, TGE-TORRE A													
TGE- TORRE A, TABLERO TRIFASICO, 120 / 208V , Barraje CU, Fases y Neutro: 1x(40x5) mm2 / 792A+ Tierra 1x(20x3) mm2/ 323A, 208-120V , 5 hilos													
TABLERO ELECTRICO derivado	CARGA INSTALABLE (VA)				FACTOR DE DEMANDA	FACTOR DE POTENCIA	CARGA DEMANDADA VA	L1	L2	L3	BREAKERS	CALIBRE Cu	OBSERVACIONES
	ILUMINACION	TOMAS	OTRAS CARGAS	CARGA TOTAL				A	A	A		A	
TE-ZC Torre A	10.951,6	8.053,8	0,0	19.005,3	0,79	0,90	14.978,4	54,9	51,4	51,3	3x60 Amp	4No.4+1No.8T	TABLERO DE ZONAS COMUNES TORRE A
TE-ASC4			7.130,0	7.130,0	1,00	0,74	7.130,0	19,8	19,8	19,8	3x30 Amp	4No.8+1No.8T	TABLERO ASCENSOR DE TORRE A
TE-AUD.	3.835,4	5.400,0	0,0	9.235,4	1,00	0,90	9.235,4	26,7	25,6	24,7	3x40 Amp	3No.4+1No.6+1No.8T	TABLERO DE AUDITORIO
TE-ADMON	2.028,2	4.680,0	0,0	6.708,2	1,00	0,90	6.708,2	21,1	18,3	16,5	3x40 Amp	3No.4+1No.6+1No.8T	TABLERO DE OFICINAS DE ADMINISTRACION
TE-CANCHA2	1.380,2	3.346,7	3.000,0	7.726,9	1,00	0,90	7.726,9	21,1	20,9	23,4	3x40 Amp	3No.6+1No.8+1No.8T	TABLERO DE CIRCUITOS REGULADOS DE CANCHA 2 EN TORRE A
TE-AA.V1			10.609,7	4.700,0	1,43	0,84	6.719,3	13,0	13,0	13,0	3x30 Amp	4No.10+1No.12T	A.A. DE CUARTO DE COMUNICACIONES PRINCIPAL
TR-1TA			6.000,0	6.000,0	0,90	0,7	5.400,0		12,5	12,5	2x50 Amp	2No. 6F+ 1No. 6N+ 1No. 8T Cu	TABLERO REGULADO SERVIDORES
TR-2TA			9.107,1	9.107,1	0,90	0,70	8.196,4		43,9	44,0	2x50 Amp	2No. 6F+ 1No. 6N+ 1No. 8T Cu	TABLERO REGULADO BIBLIOTECA Y AUDITORIO
TR-3TA			10.528,6	10.528,6	0,90	0,7	9.475,7	44,0	43,8		2x50 Amp	2No. 6F+ 1No. 6N+ 1No. 8T Cu	TABLERO REGULADO SALA DE INFORMATICA
TR-4TA			10.778,6	10.778,6	0,90	0,70	9.700,7		45,8	44,0	2x50 Amp	2No. 4F+ 1No. 4N+ 1No. 8T Cu	TABLERO REGULADO SALA DE INFORMATICA
TR-5TA			8.892,9	8.892,9	0,90	0,7	8.003,6	36,4		37,7	2x50 Amp	2No. 4F+ 1No. 4N+ 1No. 8T Cu	TABLERO REGULADO ADMINISTRACION Y BASICA PRIMARIA
TR-6TA			6.585,7	6.585,7	0,90	0,70	5.927,1	27,8		27,1	2x50 Amp	2No. 6F+ 1No. 6N+ 1No. 8T Cu	TABLERO REGULADO TALLERES PRIMARIA
TR-7TA			8.278,6	8.278,6	0,90	0,7	7.450,7	35,4		33,6	2x50 Amp	2No. 4F+ 1No. 4N+ 1No. 8T Cu	TABLERO REGULADO TALLERES PRIMARIA
TR-8TA			10.135,7	10.135,7	0,90	0,70	9.122,1	41,9	42,6		2x50 Amp	2No. 4F+ 1No. 4N+ 1No. 8T Cu	TABLERO REGULADO AA SECUNDARIA Y AA MEDIA
TOTAL	18.195,4	21.480,4	91.046,8	124.813,0	0,93	0,89	115.774,7	342,2	337,6	347,6	3x500 Amp	2x(3No.500KCM+1No.500KCM+1No.2AWG T), AL	ACOMETIDA DE TABLERO TGE-TORRE A, DE L=84m
											1,56%	<	10%

RESUMEN DE CARGA INSTALABLE	
ILUMINACION	18.195
TOMAS	21.480
TOMAS ESPECIALES	91.047
CARGA TOTAL INSTALADA (VA)	130.723

CALCULO DE CARGA DEMANDADA		
ILUMINACION	100%	18.195
TOMAS	73%	15.740
TOMAS ESPECIALES	90%	81.839
CARGAS CONTINUAS		18.195
CARGAS NO CONTINUAS		97.579
TOTAL CARGAS CONTINUAS + CARGAS NO CONTINUAS (VA)		115.775

CONTENIDO DE ARMONICOS DE CARGAS	
THD PARA ILUMINACION LED:	20%
THD PARA TOMAS GENERALES:	15%
THD PARA TOMAS ESPECIALES -MOTORES	15%
THD PARA TOMAS ESPECIALES -SECADORES DE MANOS	15%
THD PARA TOMAS ESPECIALES -COMPUTADORES	58%

CALCULO DE CONDUCTORES DE FASE	
CARGA NO CONTINUAS (VA)	97.579
CARGAS CONTINUAS AL 125% (VA)	22.744
TOTAL CARGAS NO CONTINUAS + 1.25 x CARGAS CONTINUAS	120.324
CORRIENTE PARA COMBINACION DE CARGAS CONTINUAS Y NO CONTINUAS (A)	334,0
CORRIENTE DE ARMONICOS, SEGÚN IEC 60364-5-51	111,4
CORRIENTE PARA SELECCIÓN DE CONDUCTOR, CONSIDERANDO ARMÓNICOS SEGÚN IEC 60364-5-52	445,4
CORRIENTE NOMINAL (A)	500
CALIBRE MINIMO DEL CONDUCTOR DE FASE , Cu, por ducto, (AWG o kcm)	2x4/0 AWG

CALCULO DE CONDUCTOR DE NEUTRO	
MAXIMA CORRIENTE DE DESBALANCE (A)	334,0
CORRIENTE POR EL NEUTRO DEBIDO A ARMÓNICOS	389
CORRIENTE PARA SELECCIÓN DE CONDUCTOR, CONSIDERANDO ARMÓNICOS SEGÚN IEC 60364-5-52	389
CALIBRE MINIMO DE CONDUCTOR DE NEUTRO, Cu, (AWG o kcm)	2X3/0 AWG
CALIBRE MINIMO DE CONDUCTORES DE ACOMETIDA:	2x(3No.4/0+1No. 3/0) + 1No.2 T AWG, CU
CALIBRE ACOMETIDA SELECCIONADA POR REGULACION:	2x(3No.500KCM+1No.500KCM+1No.2AWG T), AL
PROTECCIÓN ACOMETIDA:	Regulable, lcu. 3x500Amp
CANALIZACION ACOMETIDA:	Tubo conduit IMC, PVC o Bandeja tipo Rejilla. 2x 4"

Nota: Se calculan la acometida y protecciones considerando la carga, factor de potencia y análisis de armónicos.

CUADRO DE CARGAS TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION TORRE A, TGD-TORRE A													
TGD- TORRE A, TABLERO TRIFÁSICO, 120 / 208V , Barraje CU, Fases y Neutro: 1x(25x3) mm2 / 496 A+Tierra: 1x(15x3) mm2/ 244 A, 208-120V													
TABLERO ELECTRICO derivado	CARGA INSTALABLE (VA)				FACTOR DE DEMANDA	FACTOR DE POTENCIA	CARGA DEMANDADA A VA	L1	L2	L3	BREAKERS	CALIBRE Cu AWG/KCM	OBSERVACIONES
	ILUMINACION	TOMAS	OTRAS CARGAS	CARGA TOTAL				A	A	A			
TE-BIBL	5.354,9	4.500,0	1.000,0	10.854,9	1,00	0,90	10.854,9	32,0	29,9	29,8	3x60 Amp	4No.4+1No.8T	TABLERO DE BIBLIOTECA Y AREAS ALEDAÑAS A ESTA EN TORRE A
TE-PRIM1	6.253,3	9.540,0	6.500,0	22.293,3	0,72	0,90	16.030,3	65,5	65,7	61,0	3x60 Amp	4No.8+1No.8T	TABLERO DE PRIMARIA
TE-SEC2	5.768,7	10.260,0	8.000,0	24.028,7	0,78	0,90	18.668,7	66,9	69,8	70,2	3x60 Amp	3No.4+1No6+1No.8T	TABLERO DE SECUNDARIA
TE-AA.2			26.845,7	26.845,7	0,52	0,89	14.000,0	38,9	38,9	38,8	3x100 Amp	3No.1/0+1No.6T	TABLERO A. A. DE AUDITORIO
TOTAL	17.376,9	24.300,0	42.345,7	84.022,6	0,71	0,90	59.553,9	203,3	204,0	199,9	3x330Amp	2X(3No.400KCM+1No.400 KCM+ 1No. 2AWG	ACOMETIDA DE TABLERO TGE-TORRE A, DE L=111m
											1,99%	<	10%

RESUMEN DE CARGA INSTALABLE

ILUMINACION	17.377
TOMAS	24.300
TOMAS ESPECIALES	42.346
CARGA TOTAL INSTALADA (VA)	84.023

CALCULO DE CARGA DEMANDADA

ILUMINACION (100%)	100%	17.377
TOMAS	71%	17.150
TOMAS ESPECIALES	59%	25.027
CARGAS CONTINUAS		17.377
CARGAS NO CONTINUAS		42.177
TOTAL CARGAS CONTINUAS + CARGAS NO CONTINUAS (VA)		59.554

CONTENIDO DE ARMONICOS DE CARGAS

THD PARA ILUMINACION LED:	20%
THD PARA TOMAS GENERALES:	15%
THD PARA TOMAS ESPECIALES -MOTORES	15%
THD PARA TOMAS ESPECIALES -SECADORES DE MANOS	15%
THD PARA TOMAS ESPECIALES -COMPUTADORES	58%

CALCULO DE CONDUCTORES DE FASE

CARGA NO CONTINUAS (VA)	42.177
CARGAS CONTINUAS AL 125% (VA)	21.721
TOTAL CARGAS NO CONTINUAS + 1.25 x CARGAS CONTINUAS	63.898
CORRIENTE PARA COMBINACION DE CARGAS CONTINUAS Y NO CONTINUAS (A)	177,4
CORRIENTE DE ARMONICOS, SEGÚN IEC 60364-5-51	12,1
CORRIENTE PARA SELECCIÓN DE CONDUCTOR, CONSIDERANDO ARMÓNICOS SEGÚN IEC 60364-5-52	189,4
CORRIENTE NOMINAL (A)	300
CALIBRE MINIMO DEL CONDUCTOR DE FASE , Cu, por ducto, (AWG o kcm)	1x350 kcm

CALCULO DE CONDUCTOR DE NEUTRO

MAXIMA CORRIENTE DE DESBALANCE (A)	126,6
CORRIENTE PARA SELECCIÓN DE CONDUCTOR NEUTRO, CONSIDERANDO ARMÓNICOS EN FASES SEGÚN IEC 60364-5-52	177
CORRIENTE PARA SELECCIÓN DE CONDUCTOR, CONSIDERANDO ARMÓNICOS SEGÚN IEC 60364-5-52	177,4
CALIBRE MINIMO DE CONDUCTOR DE NEUTRO, Cu, (AWG o kcm)	1x1/0 awg
CALIBRE MINIMO DE CONDUCTORES DE ACOMETIDA:	3No.350 kcm+1No. 1/0+ 1No.4 AWG, CU
CALIBRE ACOMETIDA SELECCIONADA POR REGULACION:	2X(3No.400KCM+1No.400 KCM+ 1No. 2AWG T), AL
PROTECCIÓN ACOMETIDA:	lcu. 50kA, lcs 100% 3x300Amp
CANALIZACION ACOMETIDA:	Tubo conduit IMC, PVC o Bandeja tipo Rejilla. 2x 4"

Nota: Se calculan la acometida y protecciones considerando la carga, factor de potencia y análisis de armónicos.

PROCEDIMIENTO PARA DIMENSIONAMIENTO DEL TRANSFORMADOR

Demanda NTC-2050, Tablas 220-11 para iluminación otros edificios y Tabla 220-13 para tomacorrientes en edificaciones no residenciales, incluyendo armónicos según RETIE 10.1.1 a.

Con las cargas definidas y considerando efecto de los armónicos se procede a realizar el cálculo para la capacidad del transformador.

COLEGIO BOITA							
MEMORIAS DE CALCULOS							
CALCULO TRANSFORMADOR SEGÚN NORMA 2050							
TOTAL CARGA INSTALABLE (VA)	66.269,7	85.832,7	442.943,0	595.045,3	66.269,7	75.041,7	379.393,0
521.933,35							
CALCULO DEL TRANSFORMADOR SEGÚN NTC 2050				POTENCIA (KVA)			
ALUMBRADO 100 % (TABLA 220-11, NTC 2050)							66,3
TOMAS (TABLA 220-13, NTC 2050)							47,9
OTROS TOMAS (TABLA 220-13, NTC 2050)							21,7
CARGAS DEL SISTEMA DE POTENCIA REGULADA (CABLEADO ESTRUCTURADO: CENTROS DE COMUNICACIONES Y PUESTOS DE TRABAJO)							93,2
CARGA SISTEMA RCI							127,4
OTRAS CARGAS ESPECIALES:							116,6
-TE-BOMBAS						73,0	
-TABLEROS DE ASCENSORES						21,7	
-TABLEROS DE AIRES ACONDICIONADOS						21,9	
CARGA TOTAL DEL COLEGIO, CON RCI, CALCULADA SEGÚN NTC 2050							473,1
CÁLCULO DE EFECTOS DE LOS ARMONICOS SEGÚN ANSI/IEEE C57.110.1996							75,1
FACTOR "K" DE LA CARGA PARA LUMINARIAS LED, K=4				SOBRECARGA DEL TRANSFORMADOR POR ARMONICOS DE LUMINARIAS LED:		5,7	
FACTOR "K" DEBIDO A LAS UPS DEL SISTEMA DE POTENCIA REGULADA (12*10 KVA = 120 KVA), K=4				SOBRECARGA DEL TRANSFORMADOR POR ARMONICOS DEBIDO A UPS:		10,3	
FACTOR "K" DEBIDO A LA CARGA DEL SISTEMA DE POTENCIA REGULADA, K=20				SOBRECARGA POR ARMONICOS DE COMPUTADORES Y EQUIPOS DE COMUNICACION:		32,6	
FACTOR "K" DE LA CARGA DEL SISTEMA DE BOMBEO CON VARIADORES DE VELOCIDAD DE ESTADO SOLIDO, K=20				SOBRECARGA ESTIMADA DEBIDO A VARIADOR BOMBA DE AGUA POTABLE:		18,9	
FACTOR "K" DE LA CARGA DE ASCENSORES CON VARIADORES DE VELOCIDAD DE ESTADO SOLIDO, K=20				SOBRECARGA ESTIMADA DEBIDO A VARIADORES DE ASCENSORES:		7,6	
CARGA PARCIAL DEL COLEGIO, CON SISTEMA RCI Y SIN DESLASTRE DE CARGAS, CALCULADA SEGÚN NTC 2050							548,2
POTENCIA DE TRANSFORMACION MINIMA REQUERIDA							548,2
ANALISIS DE CARGAS SIN SISTEMA RCI Y CON DESLASTRE DE CARGA							
CARGA PARCIAL DEL COLEGIO, SIN SISTEMA RCI, CALCULADA SEGÚN NTC 2050							345,7
CÁLCULO DE EFECTOS DE LOS ARMONICOS SEGÚN ANSI/IEEE C57.110.1996							75,1
POTENCIA DE TRANSFORMACION MINIMA REQUERIDA							420,8
TRANSFORMADOR SELECCIONADO:	TRIFASICO, 11400Y/208-120V, 60 Hz, DY5				500,0	KVA	
	RESERVA TECNICA				15,8%	79,2	KVA
CUANDO EL SISTEMA RCI OPERA, SE DESLASTRA PARTE DE LA CARGA PARA GARANTIZAR QUE EL TRANSFORMADOR NO SE SOBRECARGA (VER DIAGRAMA UNIFILAR)							
CALCULO ACOMETIDA Y PROTECCIONES PARA TRANSFORMADOR							
TRANSFORMADOR (LADO M.T.)							
CORRIENTE POR FASE (A)				$I_n = 500,0 / 11,4 \cdot \sqrt{3} =$			25,3
CORRIENTE PROTECCION (A)				$I_p = 1,50 \times I_n =$			38,0
FUSIBLE PRIMARIO TIPO HH, 15 KV (A)							40,0
TRANSFORMADOR (LADO BT)							
La proteccion se hace con 2 Breaker ya que hay 2 acometidas: Acometida del Sistema RCI , y la acometida de TGD para el resto de cargas.							
PROTECCION SISTEMA RCI							
CARGA DE RCI (KVA):							127,4
CORRIENTE POR FASE (A)				$I_n = 127,4 / 0,208 \cdot \sqrt{3} =$			353,6
CORRIENTE PROTECCION (A)				$I_p = 1,25 \times I_n =$			442
CALIBRE DE ACOMETIDA:	2x(3#400KCM +1#2 T AWG), AL, THWN-2, por tuberia PVC , subterranea, embebida en concreto, 2x4"						
PROTECCION DE ACOMETIDA :	Icu:85 KA, Ics: 75%	3x400 A, SOLO MAGNETICO		SETPOINT: Ima: 6In	A		2.400
PROTECCION PARA TDG, demas cargas							
CARGA DE TGD PARA CALCULO DE CONDUCTORES DE FASE(KVA):							410,3
CORRIENTE POR FASE (A)				$I_n = 410,3 / 0,208 \cdot \sqrt{3} =$			1.138,8
CORRIENTE PROTECCION INCLUYENDO EFECTOS DE ARMONICOS SEGÚN IEC 60364-5-51 (A)				$I_p =$			1.455
CORRIENTE PROTECCION NORMALIZADA SEGÚN NTC 240-6 Y NTC 240-3 (A)							1.600
CALIBRE DE ACOMETIDA:	6x(3#500KCM + 1#500 KCM +1#2 T AWG), AL, HFFRLS, por CARCAMO EN BANDEJA 60x10cm.						
PROTECCION DE ACOMETIDA :	Icu:85 KA, Ics: 75%	3x1600 A, Regulable. (800-2000 A) Termomagnetico, con proteccion de falla a tierra					3x1600

CUADRO DE CARGAS TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION, TGD								
TGD- TORRE A. TABLERO TRIFÁSICO, 120 / 208V , Barraje CU, Fases y Neutro: 1x(25x3) mm ² / 496 A+Tierra: 1x(15x3) mm ² / 244 A, 208-120V								
TABLERO ELECTRICO derivado	CARGA IN STALABLE (VA)				BREAKERS	CALIBRRE al		OBSERVACIONES
	ILUMINACION	TOMAS	OTRAS CARGAS	CARGA TOTAL	A		AWG/KCM	
TGE - TABLERO GENERAL DE EMERENCIA	43.701,9	52.352,7	266.798,3	362.852,8	3x1200Amp		4x(3No.500KCM+1No. 500 KCM N +1No.1/0AWG T); Al	TABLERO GENERAL DE EMERGENCIA
TE-SEC1	5.190,9	9.180,0	6.000,0	20.370,9	3x60 Amp		3No. 4F+ 1No. 6N+ 1No. 8T Cu	TABLERO NORMAL DE ULTIMOS PISO DE TORRE B
TGD-TORREA	17.376,9	24.300,0	42.345,7	84.022,6	3x80 Amp		2X(3No.400KCM+1No.400 KCM+ 1No. 2AWG T), AL	TABLERO GENBERAL DE DISTRIBUCION TORRE A
TOTAL	66.269,7	85.832,7	315.144,0	467.246,3	3x326Amp		5X(3No.500KCM+1No.500 KCM+ 1No. 2AWG T), Cu	ACOMETIDA DE TABLERO TGD, DE L=13m
RESUMEN DE CARGA INSTALABLE								
ILUMINACION								66.270
TOMAS								85.833
TOMAS E SPECIALES								315.144
CARGA TOTAL INSTALADA (VA)								467.246
CALCULO DE CARGA DEMANDADA								
ILUMINACION (100%)				100%				66.270
TOMAS (Primeros 10kva al 100%, el resto al 50%)								50.085
TOMAS E SPECIALES (73%)								229.386
CARGAS CONTINUAS								66.270
CARGAS NO CONTINUAS								279.470
TOTAL CARGAS CONTINUAS + CARGAS NO CONTINUAS (VA)								345.740
CONTENIDO DE ARMONICOS DE CARGAS								
THD PARA ILUMINACION LED:								20%
THD PARA TOMAS GENERALES:								< 15%
THD PARA TOMAS E SPECIALES -MOTORES								< 15%
THD PARA TOMAS E SPECIALES -SECADORES DE MANOS								< 15%
THD PARA TOMAS E SPECIALES -COMPUTADORES								58%
CALCULO DE CONDUCTORES DE FASE								
CARGA NO CONTINUAS (VA)								279.470
CARGAS CONTINUAS AL 125% (VA)								82.837
TOTAL CARGAS NO CONTINUAS + 1.25 x CARGAS CONTINUAS								362.307
CORRIENTE PARA COMBINACION DE CARGAS CONTINUAS Y NO CONTINUAS (A)								1.005,7
CORRIENTE DE ARMONICOS, SEGÚN IEC 60364-5-51								316,2
CORRIENTE PARA SELECCIÓN DE CONDUCTOR, CONSIDERANDO ARMÓNICOS SEGÚN IEC 60364-5-52								1.321,9
CORRIENTE NOMNAL (A)								1.600
CALIBRE MNIMO DEL CONDUCTOR DE FASE , Cu, por ducto en longitud de 3. m(Tabla 310-16)							CAPACIDAD DE 500 KCM = 380 A.	5x500 kcm
CALCULO DE CONDUCTOR DE NEUTRO								
MAXIMA CORRIENTE DE DE SBALANCE (A)								489,2
CORRIENTE PARA SELECCIÓN DE CONDUCTOR NEUTRO, CONSIDERANDO ARMÓNICOS EN FASES SEGÚN IEC 60364-5-52								1.169
CORRIENTE NOMNAL DEL NEUTRO, CONSIDERANDO ARMÓNICOS SEGÚN IEC 60364-5-52								1.169,4
CALIBRE MNIMO DE CONDUCTOR DE NEUTRO, Cu, (AWG o kcm)							CAPACIDAD DE 500 KCM = 380 A.	5x500kcm
CALIBRE MNIMO DE CONDUCTORES DE ACOMETIDA:								5x(3No.500 kcm+1No. 350kcm N+ 1No.2AWG T), CU
CALIBRE ACOMETIDA SELECCIONADA POR REGULACION, Incluyendo potencia de reserva (Total 500 KVA):								6X(3No.500KCM+1No.500 KCM+ 1No. 2AWG T), AL
PROTECCIÓN ACOMETIDA:								Regulable, lcu. 50KA, lcs 100% 3x1600Amp
CANALIZACION ACOMETIDA:								Carcamo de 60x50x1,70 cm

De acuerdo a los cálculos realizados en el análisis de carga, se selecciona un transformador trifásico de 500 KVA.

Características del transformador seleccionado

ITEM	TIPO DE TRANSFORMADOR	CARACTERISTICA
1	CAPACIDAD EN (KVA)	500KVA
2	TIPO DE AISLAMIENTO	TIPO SECO, CLSE F
3	TENSION PRIMARIA (KV)	11,4 KV
4	IMPEDANCIA Z%	6%
5	In primaria (A)	25,32 A
6	In secundaria (A)	1.388,0 A
7	Icc primaria (KA)	4,808 KA
8	Icc secundaria (KA)	21,985 KA

TIPO DE SUBESTACION A CONSTRUIR EN EL PRESENTE PROYECTO:

El presente diseño se presenta para una subestación INTERIOR, TIPO SECO, CLASE F, SEGÚN NORMA CODENSA CTS-518 / CTS-518-2, INCLUYE SECCIONADOR DE MANIOBRAS DE 3 VIAS 200 A, EN AIRE.

TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION TGD, TABLERO RED CONTRA INCENDIO (RCI) -TE-RCI, Y OTROS.

TABLEROS PRINCIPALES DE DISTRIBUCION EN B.T. - CARGA DEMANDADA para calculo de conductores según NTC 2050- Seccion 220.								
IDENTIFICACION	SERVICIO	KVA	LONG(M)	CONDUCTOR EN Cu			CORRIENTE (A) In	PROTECCION TERMOMAGNETICO, Incluyendo Armónicos
				FASE	NEUTRO	TIERRA		
TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION - TGD- DESDE MEDIDA AE-319	3Ø	500*	13	5x(3No.500 kcm)	5x(1No.350 kcm)	5x(2 AWG)	1.387,9	3X1.735 A - REG(800 - 2000) A, Icu > 36 KA; Ics = 100% Icu. Ajustado al 1.25In.
TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION TORRE-TGD-TORRE A- DESDE TGD	3Ø	97,0	111	2x(3No.350 kcm)	2x(1No.250 kcm)	2x(4 AWG)	260,9	3X 300A, Icu = 85 KA, Ics = 50% Icu. . Ajustado considerando tambien armónicos
TABLERO GENERAL DE EMERGENCIA -TGE- DESDE TGD	3Ø	319,8	8	3x(3No.500 kcm)	5x(1No.500 kcm)	5x(1/0 AWG)	887,6	3X1.200 A - REG(500 - 1250) A, Icu = 50KA; Ics = 100% Icu. Ajustado considerando tambien armónicos.
TABLERO GENERAL DE EMERGENCIA TORRE A -TGE-TORRE A- DESDE TGE	3Ø	115,1	87	2x(3No.350 kcm)	2x(1No.350 kcm)	2x(2 AWG)	319,4	3X450 A - REG (252 - 630) A, Icu = 50KA; Ics = 100% Icu. Ajustado considerando tambien armónicos
TABLERO DE bombas contra incendio - TE- BCI, DESDE MEDIDA AE-319	3Ø	127,4	47	3No.500 kcm		2 AWG	353,6	3X400 SOLO MAGNETICO, Ajustado 6XIn = 2.400 A. Ajustado al 6In.

(*) Incluye potencia de reserva para el Transformador, es decir Potencia Total : 500 kva.

Se calcula la regulación y los barrajes de los tableros principales para la capacidad de 500 KVA

DIMENSIONAMIENTO DE BARRAJES TABLEROS GENERALES								
TABLERO	Tension (V)	Carga (kVA)	In Corriente nominal (A)	In x 1,5 (A) Barrraje Fases y Neutro	In x 0,75 (A) Barrraje Tierra	Areas Barras Fases y Neutro mm ²	Areas Barras Tierra mm ² , 75% de fases	Caracteristicas
TABLERO DE SISTEMA RCI- TE-RCI	208	127,39	353,6	530,4	265,2	25x5	20x3	Selección de una barra pintada
TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION: TGD	208	500,00	1.387,9	2.081,8	1.040,9	100x10	50x10	Selección de una barra pintada
TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION TORRE A: TGD-TORRE A	208	101,30	281,2	421,8	210,9	25x3	15x3	Selección de una barra pintada
TABLERO GENERAL DE EMERGENCIA: TGE	208	330,70	917,9	1.376,9	688,4	60x10	40x5	Selección de una barra pintada
TABLERO GENERAL DE EMERGENCIA TORRE A: TGE-TORRE A	208	119,63	332,1	498,1	249,1	40x5	20x3	Selección de una barra pintada

NOMBRE: NELSON SAAVEDRA TRUJILLO

MATRICULA PROFESIONAL: 17205-19368

FIRMA:



FECHA: JUNIO DE 2021

ANCHO X ESPESOR	ÁREA mm ²	PESO kg/m	CARACTERÍSTICAS DEL ELEMENTO							
			ALTERNA 60Hz							
			BARRAS							
			PINTADA							
1	2	IX	WX	IY	WY					
I	II	cm ²	cm ²	cm ²	cm ²					
12 x 2	24	0,21	165	297	0,0288	0,048	0,0008	0,008		
15 x 2	30	0,27	204	356	0,0562	0,075	0,001	0,01		
15 x 3	45	0,4	244	435	0,084	0,112	0,003	0,022		
20 x 2	40	0,35	230	462	0,133	0,133	0,0013	0,0133		
20 x 3	60	0,54	323	561	0,2	0,2	0,0045	0,03		
20 x 5	100	0,89	429	739	0,333	0,333	0,0208	0,083		
25 x 3	75	0,57	496	686	0,39	0,312	0,005	0,037		
25 x 5	125	1,11	521	884	0,651	0,521	0,026	0,104		
30 x 3	90	0,8	468	805	0,675	0,45	0,007	0,045		
30 x 5	150	1,34	594	1029	1,125	0,75	0,031	0,125		
40 x 3	120	1,07	607	1042	1,6	0,8	0,009	0,06		
40 x 5	200	1,78	792	1320	2,666	1,333	0,042	0,166		
40 x 10	400	3,56	1122	1980	5,333	2,666	0,333	0,666		
50 x 5	250	2,25	950	1610	5,2	2,08	0,052	0,208		
50 x 10	500	4,45	1359	2376	10,4	4,16	0,416	0,833		

B. ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO.

La coordinación de aislamiento es la selección de la rigidez dieléctrica de los equipos en relación con las tensiones que pueden aparecer en el sistema en el cual se hallan instalados, teniendo en cuenta las condiciones ambientales de servicio y las características de los dispositivos de protección disponibles. Es decir, la selección de los dispositivos de protección se deberá realizar teniendo en cuenta las condiciones a las que éstos se verán sometidos. Teniendo en cuenta estos aspectos, se puede definir la coordinación de aislamiento como la selección de la tensión soportada normalizada de los equipos teniendo en cuenta las sobretensiones que pueden aparecer, así como los medios de protección que se pueden instalar y las condiciones ambientales de la zona, para obtener un riesgo de falla aceptable.

Las sobretensiones que puede afectar el aislamiento de los equipos como transformadores y tableros se pueden originar por:

— Tensión continua (a frecuencia industrial): tensión a frecuencia industrial, se considera que tiene un valor eficaz constante, continuamente aplicado a cualquier par de terminales de una configuración de aislamiento.

En este caso, los transformadores, conductores y tableros ya vienen diseñados para la frecuencia industrial de 60hz.

— Sobretensión temporal: sobretensión a frecuencia industrial de duración relativamente larga /Desde varios milisegundos a varios segundos).

— Sobretensión transitoria: sobretensión de corta duración de unos pocos milisegundos o menos, oscilatoria o no oscilatoria, por lo general altamente amortiguada. Las sobretensiones transitorias son divididas en:

- Sobretensión de frente lento: sobretensión transitoria, usualmente unidireccional, generalmente originada por maniobras, con tiempo de subida hasta el valor de cresta T_P tal que $20 \mu s < T_P \leq 5000 \mu s$, y duración de cola $T_2 \leq 20$ ms.

- Sobretensión de frente rápido: sobretensión transitoria, usualmente unidireccional, generalmente causada por el rayo, con tiempo de subida hasta el valor de cresta T_1 tal que $0.1 \mu s < T_1 \leq 20 \mu s$, y duración de cola $T_2 \leq 500 \mu s$.

- Sobretensión de frente muy rápido: sobretensión transitoria, usualmente unidireccional, generalmente causada por fallas y maniobras en subestaciones de SF₆, con tiempo de subida hasta el valor de cresta $T_F \leq 0.1 \mu s$, y duración total < 3 ms, y con oscilaciones súper impuestas a frecuencia $30 \text{ kHz} < f < 100 \text{ MHz}$.

Niveles de aislamiento normalizados.

TENSIÓN NOMINAL DEL SISTEMA (kV)	NIVEL DE AISLAMIENTO – BIL (kV)
11,4	95
34,5	170

Estos niveles de aislamiento fueron tomados como referencia para todos los equipos que formen parte del sistema de distribución.

En el punto de conexión se instalarán supresores de pico de tensión (DPS de media tensión o pararrayos) de 12 KV, 10kA corriente nominal de descarga, en onda 8/20 μs , de las siguientes características:

Los requerimientos más importantes que deben cumplir como mínimo los pararrayos de óxido de zinc son los descritos en la siguiente TABLA:

PARARRAYOS DE ÓXIDO DE ZINC

DESCRIPCIÓN	Unid.	NIVEL		NIVEL			NIVEL	NIVEL	
	kV	13.2		13.8		11.4	34.5		
		Y*	Y**	Y*	Y**	?	Y*	Y*	?
Tensión nominal	kV	10.2	8.4	12	10	15	12	30	36
Frecuencia	Hz	60	60	60	60	60	60	60	60
Tensión soportada por el aislamiento polimerico (*)									
- en seco 1 minuto	kV	31	27	31	27	35	31	70	95
- en húmedo 10 seg.	kV	27	24	27	24	30	27	60	80
- onda de impulso 1.2/50 µs (pico)	kV	85	75	85	75	95	85	150	200
Corriente nominal de descarga con onda 8/20 µs.	kA	10	10	10	10	10	10	10	10
Corriente de gran magnitud-Onda 4/10 µs Para 10 kA (servicio liviano y pesado).	kA pico	100	100	100	100	100	100	100	100
Corriente de larga duración (A pico)									
- Para 10kA (servicio liviano onda 2000µs)	A	250	250	250	250	250	250	250	250
Corriente de falla sostenida para presión de alivio: (kA rms)									
- 10kA (servicio liviano o pesado Clase A)	KA	40	40	40	40	40	40	40	40
- 10 kA (servicio liviano o pesado Clase B)	KA	20	20	20	20	20	20	20	20
- 10 kA (servicio liviano o pesado Clase C)	kA	10	10	10	10	10	10	10	10
Distancia de fuga	mm			440	440	440		1050	1050
Distancia de flameo en seco	mm			230	195	230		450	450

(*) Estos valores están dados para condiciones atmosféricas hasta 1000 m sobre el nivel del mar, para alturas diferentes, dichos valores deberán corregirse por las condiciones de presión y temperatura.

Se escoge un transformador normalizado de tensión nominal 11,4 kV, con un nivel de aislamiento según tabla:

Tensión nominal del transformador (kV)	Nivel de aislamiento del transformador (kV)	Voltaje Nominal para la Tensión aplicada de corta duración (kV).	Voltaje Nominal para la Tensión de Impulso (kV)
13.2 - 11.4	17.5	38	95
34.5	36	70	170

El pararrayos (DPS) conduce a tierra, cuando la tensión de impulso en seco supera los 31kV, los 85 Kv en onda de Impulso 1.2/50 us, y el transformador tiene un BIL de 95 kV; esto nos permite concluir que el transformador se encuentra protegido para tensiones de impulso mayores a 85 kV.

C. ANÁLISIS DE CORTOCIRCUITO Y FALLA A TIERRA EN BAJA TENSION.

COLEGIO BOITÁ, en Bogotá
MEMORIAS DE CALCULOS

CALCULO CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO

TRANSFORMADOR DE ALIMENTACION: 500 KVA

PARAMETROS DE ENTRADA			PARAMETROS DE CONTROL			PARAMETROS DE SALIDA		
KVAb	500,00	KVA						
KVb	0,208	KV	Zlinea	0,00011916	PU	lfs	23.709	AMP.
KVp	11,400	KV	Zb	0,00521466	PU	lfa	29.636	AMP.
KVAm	222,10	KVA	Zt	0,06533382	PU			
Ia trifasica simetrica	4.856,00	AMP	Ib	1.387,9	AMP.			
Ztrf	0,0600	PU	Icm	2.466,0	AMP			
Longitud linea 1aria	133,00	m						
Zlinea (Calibre 185 mm ²)	0,0309722	Ohm						

CAPACIDAD INTERRUPTIVA (KACI) MINIMA DEL TOTALIZADOR = **>= 36 KACI, A 208V**

KVAb	KVA BASE	Ztrf	IMPEDANCIA CARACTERISTICA DEL TRANSFORMADOR
KVb	KV BASE	Zb	IMPEDANCIA BASE
KVp	KV DEL PRIMARIO DEL TRANSFORMADOR	Zt	IMPEDANCIA TOTAL
KVAm	KVA DE LOS MOTORES ALIMENTADOS POR EL TRANSFORMADOR		
Ia	CORRIENTE SIMETRICA DE CORTOCIRCUITO TRIFASICO (DATO CODENSA)		
Ib	CORRIENTE BASE	lfs	CORRIENTE SIMETRICA DE CORTOCIRCUITO.
Icm	CORRIENTE CONTRIBUCIÓN DE MOTORES	lfa	CORRIENTE ASIMETRICA DE CORTOCIRCUITO.

CODENSA SA ESP

CORRIENTES SIMETRICAS		
Corriente trifásica	4856	A
Corriente bifásica	4205	A
Corriente monofásica	2612	A

NOTA: las corrientes simetricas sirven para el estudio de coordinación de protección

CORRIENTES ASIMETRICAS		
Corriente trifásica	6489	A
Corriente bifásica	5619	A
Corriente monofásica	3490	A

NOTA: las corrientes asimetricas sirven para el diseño de la puesta a tierra

RELACIÓN X/R	
X(+)/R(+)	2,6817
X(0)/R(0)	6,3942

TABLA DE AJUSTE DE PROTECCIONES DE : RECONECTADOR RC2012 ALEJANDRA

SUBESTACIÓN			BOSA			
PROTECCION	RCT'S	MARCA	CARACTERÍSTICA	TAP	TIME DIAL	INSTANTÁNEO
FASE	400	NOJA	EXTREMELY INVERSE-C3	0,330	0,2	SIN
TIERRA	400	NOJA	VERY INVERSE-C2	0,080	0,44	SIN



DEPARTAMENTO DE PROTECCIONES
V9. 29/05/19

SUBGERENCIA DE ALTA TENSIÓN

SUBESTACION BOSA
115/34,5/11,4
RECONECTADOR RC2012 ALEJANDRA
CD 5442 RC2012
Características de Fase y Tierra

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

NORMATIVIDAD APLICADA

Para la evaluación del riesgo por rayos seguimos los lineamientos de las siguientes normas:

- Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE
- Protección contra Rayos, Serie NTC 4552-2
- Protection of structures against lightning, IEC 62 305-2

El nivel de riesgo se evaluará a partir de la corriente del rayo, la cual es la fuente primaria de daños, de las características de la estructura, de los servicios que llegan a ella y de las estructuras que la rodean.

Las características principales del edificio correspondiente al Colegio Boitá, ubicado en la Calle 45 Sur # 72 Q -20, Barrio Santa Catalina, Localidad 8 Kennedy, Bogotá, son:

TABLA 1. Características del Colegio Boitá.		Valor
Longitud promedio de la estructura	71,90 m	
Anchura promedio del tejado	27,00 m	
Altura del mayor saliente de la estructura	26,95 m	
Altura del promedio del plano del tejado	22,75 m	
Area aproximada de cubiertas	1.945,35 m ² .	
Riesgo de incendio y daños físicos	Normal	
Tipo de cubierta	Losa en la que funcionan canchas de deportes al aire libre.	
Tipo de estructura	Estructura con columnas de hormigón armado.	
Tipo de cable interno	No Apantallado	
Ubicación de la estructura	Estructura con arboles y otras alrededor de menor o igual altura.	
Ambiente	Urbano.	
Nivel Ceraunico/Densidad de descargas a tierra	180 días de tormenta/año / 5,6 flashes/km ²	
Clase de SIPRA	Ninguno	
Protección contra fuego	Sistemas Automáticos contra incendio.	
Protección interna	DPS de M.T. y de baja tension en tablero de distribucion.	
Línea que llega a la estructura	Subterránea.	
Tipo de cableado externo	Apantallado apantallado	
Existencia de transformador MT/BT	Si	

Riesgos especiales para la vida	Estructura de 6 pisos, que puede presentar problemas de evacuacion ante un incendio.
Sistemas criticos	Ascensores
Prestacion de Servicios esenciales	No
Uso de la estructura	Edificio para Educacion para infantes y adolescentes (Peescolar, Primaria, Secundaria).

Determinación de la Densidad de Descargas a Tierra (DDT).

$DDT = 0.0017 * NC^{1.56}$, NC= Nivel Cerámico de Bogotá = 180
DDT= 5.6 Descargas/Km -año.

Corriente pico absoluta promedia: $I > 40$ KA para Colombia.

Evaluación del Riesgo de las Estructuras.

La corriente del rayo es la fuente primaria de daños. Se distinguen tres tipos básicos de daños los cuales pueden aparecer como consecuencia de una descarga eléctrica:

- D1: Lesiones a seres vivos.
- D2: Daños físicos.
- D3: Fallos de sistemas eléctricos y electrónicos.

Cada tipo de daño, solo o en combinación con otros, podría producir diferentes pérdidas en el objeto a proteger. Pueden presentarse los siguientes tipos de pérdidas:

- L1: Pérdida de vida humana.
- L2: Pérdida de servicio público.
- L3: Pérdida de patrimonio cultural.
- L4: Pérdida económica (Estructura y contenido, lucro cesante).

Evaluación del riesgo del edificio sin medidas de protección.



NORME INTERNATIONALE **CEI IEC**
INTERNATIONAL STANDARD 62305-2
Edition-1 2005-01

Project: COLEGIO BOITA SIN MPCR

Dimensiones de la estructura:

Longitud de la estructura (m): 72
Anchura de la estructura (m): 27
Altura del plano del tejado (m)*: 23
Área de colección (m²): 30.563 m²

Influencias ambientales:

Situación respecto a los alrededores: Altura similar
Factor ambiental Urbano
Nº de días de tormenta: 56 days/year
Densidad anual equivalente de rayos 5,6 flashes/km²

Características de la estructura:

Riesgo de incendio y daños físicos: Normal
Eficacia del apantallamiento: Media
Tipo de cableado interno: No apantallado

Medidas de protección:

Clase de SPCR: Sin SPCR
Protección contra incendios: Sistemas automáticos
Protección contra sobretensiones: Sólo en entrada de servicio

Líneas de conducción eléctrica:

Línea eléctrica:

Línea que llega a la estructura: Cable enterrado
Tipo de cable externo: Apantallado
Existencia de transformador MT/BT: Transformador

Otros servicios aéreos:

Número de servicios conducidos: 0
Tipo de cable externo: No apantallado

Otros servicios enterrados:

Número de servicios conducidos: 2
Tipo de cable externo: No apantallado

Tipos de las pérdidas:

Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:

Riesgos especiales para la vida: Problemas de evacuación
Por incendios: Comercios, colegios, ...
Por sobretensiones: Hay sist. de seguridad críticos

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:

Por incendios: Sin valor histórico

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:

Por incendios: No hay servicios esenciales
Por sobretensiones: No hay servicios esenciales

Tipo 4 - Pérdidas económicas:

Riesgos económicos especiales: Sin riesgos especiales
Por incendios: Propiedad comercial
Por sobretensiones: Museo, escuela
Por tensión de paso/contacto Sin riesgo de shock
Riesgo tolerable de pérd. económ.: 1 en 1000 años

Riesgos calculados:

	<i>Tolerable Risk Rt</i>	<i>Direct Strike Risk Rd</i>	<i>Indirect Strike Risk Ri</i>	<i>Calculated Risk R</i>
Pérdidas de vidas humanas	1,00E-05	4,37E-05	8,02E-05	1,24E-04
Pérdidas de serv. público	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pérdidas de patrimonio	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pérdidas económicas	1,00E-03	1,20E-04	1,99E-03	2,11E-03

Evaluación del riesgo del edificio con medidas de protección.



NORME INTERNATIONALE **CEI IEC**
INTERNATIONAL STANDARD 62305-2
Edition-1
2005-01

Project: COLEGIO BOITA CON MPCR

Dimensiones de la estructura:

Longitud de la estructura (m): 72
Anchura de la estructura (m): 27
Altura del plano del tejado (m)*: 23
Área de colección (m²): 30.563 m²

Influencias ambientales:

Situación respecto a los alrededores: Altura similar
Factor ambiental Urbano
Nº de días de tormenta: 56 days/year
Densidad anual equivalente de rayos 5,6 flashes/km²

Características de la estructura:

Riesgo de incendio y daños físicos: Normal
Eficacia del apantallamiento: Media
Tipo de cableado interno: No apantallado

Medidas de protección:

Clase de SPCR: Nivel III
Protección contra incendios: Sistemas automáticos
Protección contra sobretensiones: Coord. según IEC62305-4

Líneas de conducción eléctrica:

Línea eléctrica:

Línea que llega a la estructura: Cable enterrado
Tipo de cable externo: Apantallado
Existencia de transformador MT/BT: Transformador

Otros servicios aéreos:

Número de servicios conducidos: 0
Tipo de cable externo: No apantallado

Otros servicios enterrados:

Número de servicios conducidos: 2
Tipo de cable externo: No apantallado

Tipos de las pérdidas:

Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:

Riesgos especiales para la vida: Problemas de evacuación
Por incendios: Comercios, colegios, ...
Por sobretensiones: Hay sist. de seguridad críticos

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:

Por incendios: Sin valor histórico

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:

Por incendios: No hay servicios esenciales
Por sobretensiones: No hay servicios esenciales

Tipo 4 - Pérdidas económicas:

Riesgos económicos especiales: Sin riesgos especiales
Por incendios: Propiedad comercial
Por sobretensiones: Museo, escuela
Por tensión de paso/contacto Sin riesgo de shock
Riesgo tolerable de pérd. económ.: 1 en 1000 años

Riesgos calculados:

	<i>Tolerable Risk Rt</i>	<i>Direct Strike Risk Rd</i>	<i>Indirect Strike Risk Ri</i>	<i>Calculated Risk R</i>
Pérdidas de vidas humanas	1,00E-05	4,39E-06	2,52E-06	6,91E-06
Pérdidas de serv. público	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pérdidas de patrimonio	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pérdidas económicas	1,00E-03	5,99E-06	6,08E-05	6,67E-05

Resultados de la Evaluación del Riesgo.

Al aplicar la metodología para la evaluación del nivel de riesgo por rayo a la estructura, sin medidas de protección, hemos encontrado que los riesgos ($R_{\text{CALCULADO}}$) que superan los niveles establecidos por las autoridades colombianas (R_T) son los siguientes:

TABLA 2. RIESGO POR RAYOS PARA EL EDIFICIO sin medidas de protección.			
Tipos de pérdidas	R_T	$R_{CALCULADO}$	NIVEL DEL RIESGO
Pérdidas de vida humana o daños permanentes.	1×10^{-5}	1.19×10^{-4}	MAYOR que el tolerable. Necesita Medidas de protección.
Pérdidas de servicio público	1×10^{-3}	0.0	Bajo
Pérdidas de patrimonio cultural	1×10^{-3}	0.0	Bajo
Pérdidas económicas	1×10^{-3}	2.11×10^{-3}	MAYOR que el tolerable. Necesita Medidas de protección.
TABLA 3. RIESGO POR RAYOS PARA PARA EL EDIFICIO con las siguientes medidas de protección: SPCR CLASE III, SISTEMAS AUTOMÁTICOS CONTRA INCENDIO Y PROTECCIONES COORDINADAS.			
Tipos de pérdidas	R_T	$R_{CALCULADO}$	NIVEL DEL RIESGO
Pérdidas de vida humana o daños permanentes	1×10^{-5}	6.4×10^{-6}	Bajo
Pérdidas de servicio público	1×10^{-3}	0.0	Bajo
Pérdidas de patrimonio cultural	1×10^{-3}	0.0	Bajo
Pérdidas económicas	1×10^{-3}	6.63×10^{-5}	Bajo
<p>CONCLUSIÓN: La estructura en estudio, por sus características constructivas, de uso, concentración de personas, estructuras circundantes, tipo de redes de servicios que llegan y equipos instalados, necesita medidas de protección Nivel III. Por tanto se debe construir un apantallamiento externo Clase III, Sistemas Automáticos contra Incendios y Protecciones de Sobretensión Coordinadas.</p>			

Conclusiones:

Las acciones recomendadas son:

1. Es necesaria la construcción de un sistema de protección externa contra rayos (Apantallamiento) de Clase III para el edificio del Colegio Boitá.
2. Debe tener Sistemas Automáticos Contra incendios.
3. Debe Construirse un Sistema de Protección Interna (SPI) mediante DPS clase I+II en el tablero principal. También deben realizarse equipotencializaciones mediante cables; usar tuberías metálicas y/o cables apantallados para equipo sensible donde existiese, utilizar gabinetes eléctricos metálicos y protecciones de sobretensión.
4. Debe realizarse la construcción del Cableado y Sistema de Puesta a tierra según norma NTC 2050.

5. Se recomienda especialmente la implementación de un sistema de protecciones de sobretensión coordinadas, lo cual implica Instalar protecciones contra sobretensión (DPS) Clase I+II en la subestación y en los tableros de distribución eléctrica que alimenten sistemas electrónicos regulados y no regulados, así como protecciones clase III en los equipos sensibles más críticos a criterio del área de sistemas todo ello para proporcionar una completa protección interna contra descargas indirectas y directas del rayo.

TABLA 4. Resumen de La Evaluación del Riesgo por Rayos para el Edificio.

Posible Punto de Impacto.	Fuente de Daño	Tipo de Daño	Tipo de Pérdida	Observaciones
Edificio COLEGIO BOITÁ	Impacto Directo	D1	L1	En caso de presencia de personas en el momento de la descarga.
		D2	L1,L4	Debido a la posibilidad de incendio.
		D3	L4	Posible falla de operación por fallo en sistemas eléctricos y electrónicos.
	Impacto Cercano		L4	Posible falla de operación por fallo en sistemas eléctricos y electrónicos.
	Impacto Cercano	D3	L4	Posible suspensión de operaciones por fallo en sistemas eléctricos y electrónicos.

TABLA 5. Resumen Medidas de Protección.

Estructura	Tipo de pérdida	Medidas de Protección							
		Protección Externa IEC 62305-3				Sistema de Extinción de Incendios		Protección contra sobretensiones	
		Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Manual	Automático	Acometida	Coordinado
Edificio COLEGIO BOITÁ	L1, L4			x			x	x	x

⚡ Calculador del índice de riesgo de IEC. Resultados calculados... ✕

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



Categorías de las pérdidas

Resultados del área de colección:

Ad - Área de colección de impactos directos a la estructura	30.563 m2
Nd - número medio de impactos directos a la estructura por año	,086 flashes/year
Am - Área de colección de la estructura afectada por sobretensiones inducidas por impactos indirectos.	247.794 m2
Nm - núm. de impactos directos a tierra o a objetos cercanos a la estructura conectados a tierra que inducen sobretensiones	1.302 flashes/year
Ac1 - área de colección de las líneas aéreas a impactos directos.	33.516 m2
NL1 - número medio de impactos directos por año a las líneas aéreas que sean potencialmente peligrosos	,094 flashes/year
Al1 - área de colección de la línea aérea a los impactos indirectos	1.000.000 m2
NI1 - número medio impactos directos anuales a la tierra cercana a la línea aérea que pueda causar daños por sobretensiones	,560 flashes/year
Ac2 - área de colección de la línea enterrada a impactos directos	20.818 m2
NL2- número esperado de impactos directos anuales a la línea enterrada que sean potencialmente peligrosos	,058 flashes/year
Al2 - área de colección de la línea enterrada a impactos indirectos.	559.017 m2
NI2 - número de impactos indirectos anuales a la tierra cercana a la línea enterrada que induzcan sobretensiones peligrosas	,313 flashes/year

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



Categorías de las pérdidas

Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:

RA1 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a la estructura.	8,56E-08
RB1 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura	4,28E-06
RC1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura.	2,57E-08
RM1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura.	3,91E-07
RU1 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a las líneas.	3,85E-09
RV1 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	1,92E-06
RW1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas.	3,85E-08
RZ1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas.	1,63E-07

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:

RB2 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura.	0,00E+00
RC2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura	0,00E+00
RM2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura	0,00E+00
RV2 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00
RW2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00
RZ2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas.	0,00E+00

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:

RB3 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura	0,00E+00
RV3 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00

Tipo 4 - Pérdidas económicas:

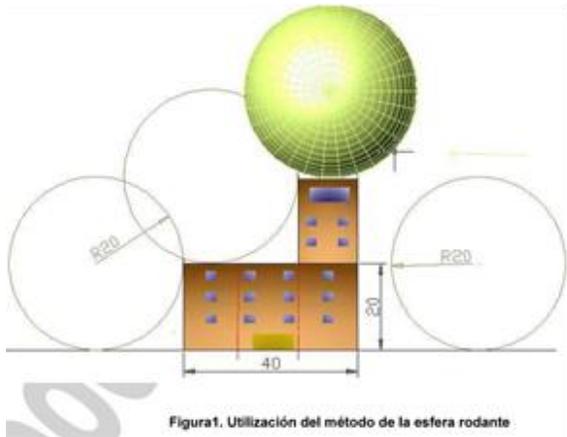
RA4 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a la estructura	0,00E+00
RB4 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura	3,42E-06
RC4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura	2,57E-06
RM4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura	3,91E-05
RU4 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00
RV4 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	1,54E-06
RW4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas.	3,85E-06
RZ4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas.	1,63E-05

DISEÑO DE LAS MEDIDAS DE PROTECCION CONTRA EL RAYO.

El SPCR Externo comprende básicamente el sistema de captación, las bajantes y la puesta a tierra de pararrayos. Para el diseño del apantallamiento, utilizamos los principios del modelo electrogeométrico, con los cuales se determina la ubicación efectiva de los terminales de captación y el cubrimiento que ellos ofrecen.

Según el RETIE el procedimiento a utilizar para diseñar el apantallamiento, se basa en la metodología desarrollada por Gilman y Whitehead, conocido como el modelo electrogeométrico, según el cual se ubican los terminales de captación dentro de la estructura de manera que sean más atractivos a los rayos que las personas, equipos o cualquier tipo de estructura. Esto se logra determinando la llamada distancia de impacto del rayo a una estructura u objeto.

Un corolario del método electrogeométrico corresponde al método de la esfera rodante (Rolling Ball) que consiste en imaginar una esfera de radio igual a la distancia de impacto rodando sobre los volúmenes de las estructuras a proteger contra rayos. La distancia de impacto depende del Nivel de Riesgo y los parámetros del rayo asociados a este. Todas las estructuras que logre tocar la esfera estarán expuestas a descargas directas. El propósito es que las únicas estructuras que toque la esfera sean los dispositivos de protección o apantallamiento.



Como vimos antes, el análisis de riesgo realizado mediante la metodología de IEC 62 305 para el edificio COLEGIO BOITÁ, da como resultado la necesidad de construir una protección contra el rayo NIVEL III.

SISTEMA DE CAPTACIÓN.

Tiene la función de interceptar los rayos que puedan impactar directamente sobre la estructura.

En el edificio utilizaremos como sistema de captación varios tipos de electrodos:

1. Puntas de aluminio de 1.5 m montadas mediante una base sobre la alfajía o losa de concreto, según se indica en planos.
2. Puntas de Aluminio de 2.5 m montadas sobre distanciadores en “V” instaladas en las 4 esquinas del edificio a nivel de azotea, para garantizar que no se presente toque accidental o intencional de personas, ya se trata de un área esparcimiento de acceso al personal que ocupa el edificio.
3. Puntas aisladas, con mástil aislado para montar sobre la estructura metálica que soporta la malla que cubre la cancha de la torre 1.
4. Alambroón de aluminio desnudo de 8 mm, que une las puntas. En los lugares accesibles se instalará el conductor en la parte exterior del edificio, sobre la fachada y a 1m de distancia de la alfajía, como se indica en los planos.

Los conectores a utilizar deben ser de fabricación garantizada para soportar corrientes del rayo.

SISTEMA DE BAJANTES.

El objetivo de los bajantes es derivar de manera controlada la corriente del rayo, que incide sobre la estructura e impacta en los terminales de captación, y se diseña con estricto cumplimiento de la norma IEC 62 305-3 y NTC 4552-3.

Se construirán 14 bajantes naturales, 7 por torre. Este sistema brinda una excelente protección, reduce la probabilidad de chispas peligrosas y facilita la protección interna, según establece la norma internacional IEC 62305-3, la NTC 4552-3 y el RETIE en el artículo 16.3.2. f

Las bajantes denominadas bajantes naturales se diseñan así:

Se instalará un conductor de acero embebido en cada columna perimetral o pantalla indicada en planos, que actuara como bajante natural.. Estos conductores se instalaran como un electrodo adicional, no estructural, en cada columna y pantalla, en la ubicación definida en los planos.

Los conductores serán cable de acero galvanizado de 3/8”, cuya área transversal de 71,2 mm² y diámetro de 9,5 mm excede los 50 2 mm² y diámetro de 8 mm que exige la norma del rayo y el RETIE, se equipotencializarán a las varillas estructurales de las columnas,

cada 1.75 m (o dicho de otra manera: a nivel de losa y a nivel de punto medio entre losas), con unión mediante conector especial tal como se indica en los dibujos.

La unión entre el conductor de Acero de 3/8" y el cable de cobre de la malla de puesta a tierra se hará con grapa especial a nivel de la base de la columna según se indica en los planos y detalles constructivos.

Cada bajante termina conectada a una varilla de cobre del sistema del sistema de puesta a tierra general.

El constructor del apantallamiento debe asegurar la correcta instalación y verificar la continuidad entre el sistema de captación y la puesta a tierra, poniendo especial cuidado en la continuidad de las bajantes.

Cada conductor bajante del sistema de apantallamiento deberá llegar al electrodo de tierra (cable o varilla).

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS.

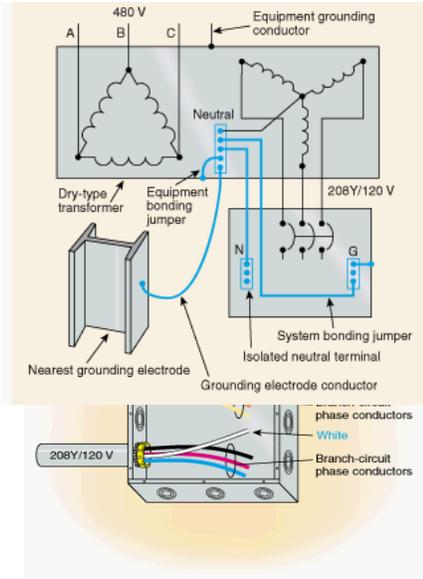
El Sistema de Puesta a tierra es una parte fundamental del sistema de protección contra rayos que contribuye de forma sustancial a la seguridad del personal, de las instalaciones y de los equipos en caso de la incidencia de un rayo, ya que provee una equipotencialidad a los equipos y estructuras y ofrece una trayectoria de baja impedancia a la corriente del rayo, permitiendo su dispersión y disipación en el terreno sin causar daño.

En el edificio se usará un sistema de puesta a tierra tipo B, o anillo, para cada torre instalado directamente en el terreno bajo el sótano o primer nivel en cada una de las 2 torres. A cada anillo van conectadas las siete (7) bajantes por torre, mediante soldadura exotérmica, según se indica en los planos y dibujos. Los dos (2) anillos se interconectan mediante dos tramos de cable de cobre desnudo. En el sistema de puesta a tierra se utilizará cable de cobre desnudo calibre 2/0 AWG, para garantizar mayor resistencia a ataques químicos del terreno.

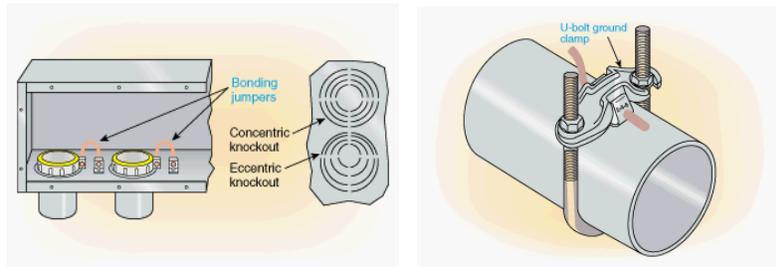


Para la protección de las instalaciones eléctricas y electrónicas se debe garantizar la interconexión a tierra de todos los sistemas; con ello se obtiene un potencial común y se logra que las instalaciones se eleven al mismo potencial, evitando accidentes y daños en los equipos eléctricos y electrónicos, debido a las peligrosas diferencias de potencial y los arcos que pueden aparecer en las instalaciones. En consecuencia se instalará un barraje equipotencial en la subestación, hasta donde llegaran las colas de la malla de potencia, la malla del pararrayos y la mala de equipos sensibles.

Ilustración 1: Barraje equipotencial con 10 posibilidades de conexión.



Todas las partes metálicas no portadoras de corriente, como ductos, tubos conduit, tanques, vigas, columnas de la estructura metálica, bandejas portacables y carcasas de equipos se deben conectar directamente al sistema de puesta a tierra para garantizar el mismo potencial (Equipotencialización).



La varilla de tierra más de la malla de tierra de potencia más próxima a la malla de protección contra el rayo, se conectará a ella mediante cable de Cu 1/0. En el punto de la malla de puesta a donde se deriva una cola de equipotencialización, se debe construir un registro de tierra de 40x40 cm, como se indica en los planos.

Cálculo de la Resistencia de Puesta a Tierra de la malla de pararrayos.

Tomaremos como resistividad del terreno $\rho = 54,08 \Omega \cdot m$, de acuerdo al “Estudio de la Resistividad del Terreno”, que se presenta en informe aparte.

La resistencia de puesta a tierra de la malla de pararrayos, calculada con esta resistividad nos da como resultado una resistencia $R = 0,91 \Omega$.

Este valor de resistencia de tierra es muy bueno, y no supera el valor máximo que recomiendan la norma del rayo y el RETIE, el cual es de 10Ω ; en consecuencia cumple RETIE. Ver **Tabla 6** para examinar el cálculo de la resistencia del sistema de tierra.

La resistencia de puesta a tierra deberá ser medida por el constructor una vez esté terminado el apantallamiento.

Cálculo del calibre del conductor de la Bajante y del Sistema de Puesta a Tierra.

Debe calcularse el calibre de los conductores bajantes y de la puesta a tierra para garantizar que durante el tiempo de despeje de la corriente, de una eventual descarga directa, estos conductores la soporten, sin que se produzca una elevación de la temperatura a niveles destructivos.

Ver **Tabla 6** para el cálculo de los calibres de las bajantes y del sistema de tierra.

Disposición Del Sistema.

Se construirá un sistema de puesta a tierra Tipo B para el edificio, según aparece en los planos.

El conductor de tierra debe ir enterrado a 0.5 m de profundidad, medidos descontando la capa de concreto.

En cuanto a los conductores de Cu, se utilizarán exclusivamente uniones exotérmicas para las conexiones bajo tierra, que garanticen una temperatura de fusión igual o superior a la del conductor. La malla de potencia deben ser equipotencializadas a la malla de pararrayos más cercana.

En los planos se presentan detalles constructivos, y en el Presupuesto los materiales y las cantidades de obra requeridas para la construcción del sistema de tierra.

NOMBRE: NELSON SAAVEDRA TRUJILLO

MATRICULA PROFESIONAL: 17205-19368

FIRMA:



FECHA: JUNIO DE 2021

TABLA 6 : Cálculos del sistema de Protección contra pararrayos.

TABLA 6 : CÁLCULO DE CONDUCTORES DE BAJANTES, DISTANCIAS DE SEGURIDAD, Y SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DEL PARARRAYOS DEL COLEGIO BOITÁ.		
1. PARAMETROS DEL RAYO		
		COLEGIO BOITÁ
CORRIENTE PICO ABSOLUTA PROMEDIO PARA COLOMBIA (KA):		45,3
NIVEL DE PROTECCION CONTRA RAYO:		NPR III
MAXIMA CORRIENTE DE PICO (KA):		100
MINIMA CORRIENTE DE PICO (KA):		26
CARGA (Q):		50
ENERGIA ESPECIFICA (W/R):		2.500
2. CALCULO DEL CONDUCTOR DE BAJANTES Y CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA		
El calibre mínimo para bajantes según RETIE es de 50 mm ² (Art 18), que corresponde a un conductor No:		1/0
Corriente Pico (KA):		100,00
Constante del Conductor ALUMINIO:		12,12
Constante del Conductor Cu:		7,06
Constante del Conductor Acero:		28,96
Tiempo de disipacion de la primera descarga positiva del rayo (S):		0,0053
Tiempo de disipacion del impulso de corriente de larga duración (S):		0,5
2.1. CONDUCTOR DE BAJANTE Y DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN		
Area del conductor de Aluminio (mm²):		26,66
Esta area corresponde aproximadamente a un conductor No:		AL 3 AWG
Area del conductor de Cobre (mm²):		11,07
Esta area corresponde aproximadamente a un conductor No:		Cu 6 AWG
Area mínima del conductor de Acero (mm²):		36,05
Esta area corresponde aproximadamente a un conductor cable de acero de diametro (mmm):		6,8
El conductor seleccionado para bajantes de Aluminio: Alambón (Diametro-Sección)		8mm-50 mm²
El conductor seleccionado para bajantes de Cobre: Cable		Cu 1/0 AWG
El conductor seleccionado para bajantes de Acero: Columnas metaticas de acero de 12.890,0 mm² >> 50 mm² que exige la norma y el Retie		12.890,0 mm²
El conductor seleccionado para sistema de captación: Puntas de Aluminio de 16 mm		Puntas de Aluminio ø=16 mm.
2.2. CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA		
Area del conductor de Cu (mm²):		11,07
Esta area corresponde aproximadamente a un conductor No:		Cu 8 AWG
El conductor de puesta a tierra seleccionado es No:		CU 2/0 AWG
3. VOLTAJE DE CONTACTO Y DE PASO		
Aplicando la metodologia de la IEC, para puesta a tierra de pararrayos, en disposicion tipo :		B
Resistividad aparente de capa superficial (GRAVA , 15 cm de espesor, hasta 3 m de la bajante).	ps :	5,000
Resistividad del terreno para terreno sin tratamiento (Ω-m)	p :	54,08
Espesor de la capa superficial (m)	hs :	0,15
Tiempo de disipacion del impulso de corriente de larga duración (S):	tc :	0,500
Numero de bajantes para el edificio	N :	14
Coefficiente en funcion del numero de bajantes (PARA EL CASO DE MULTIPLES CONDUCTORES BAJANTES)	Kc :	0,071
El voltaje de paso es tolerable si cumple la siguiente condicion de seguridad:	ps >=	f(k _c , Z, r)
Resultado : El Voltaje de paso es tolerable	ps >=	100,0
El voltaje de toque es tolerable si cumple la siguiente condicion de seguridad:	ps >=	f(k _c , Z)
Resultado : El Voltaje de Toque si es tolerable	ps >=	161
4. DISTANCIA MINIMA , EN EL SUELO, ENTRE ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA Y OTROS CONDUCTORES		
Distancia minima en metros (D)	D:	0,5
5. DISTANCIA MINIMA DE LAS BAJANTES A VENTANAS, PUERTAS O ESTRUCTURAS METALICAS para no equipotencializar o AISLAR la bajante.		
Distancia de seguridad a 3 m de altura ,(d en metros). Según norma para Bajanetes naturales.	d>	NO SE REQUIERE
Distancia de seguridad a 5,0 m de altura ,(d en metros). Según norma para Bajanetes naturales.	d>	NO SE REQUIERE
Distancia de seguridad a 1,5m de altura ,(d en metros). Según norma para Bajanetes naturales.	d>	NO SE REQUIERE
Distancia de seguridad a 26,95m de altura ,(d en metros) (Altura de la mallade la cancha en la azotea).	d>	0,09
6. RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA		
Tipo de sistema de Puesta a Tierra:		B
Tipo de electrodo:		Cable y varilla.
Longitud de cable 1/0 enterrado	L _c =	235,0
Numero de varillas de puesta a tierra	N=	14,0
Resistencia de Sistema de Puesta a tierra del Sistema (Ω):	Rspt=	0,91

Verificación De Condiciones De Tensiones De Paso Y De Toque.

Los voltajes de paso y de toque pueden ser peligrosos para la vida. Un SPCR diseñado y construido de acuerdo a las normas minimiza estos voltajes a niveles tolerables.

De acuerdo a la norma IEC, para asegurar el mínimo riesgo deben garantizarse niveles adecuados de tensiones de paso y de toque, se deben cumplir unas condiciones de seguridad, considerando la resistividad superficial del terreno y la impedancia al impulso del suelo (que depende del NPR : Nivel de protección contra el rayo). Los resultados de estos cálculos se pueden ver en la **Tabla 6**.

1. SISTEMA DE PROTECCIÓN INTERNA (SPI).

El rayo como fuente de daño es un fenómeno de alta energía. Las descargas liberan muchos cientos de mega-julios de energía. Cuando se compara con los mili-julios de energía que pueden ser suficientes para producir daños en los equipos electrónicos sensibles y en los sistemas eléctricos y electrónicos que se encuentran en las estructuras, está claro que serán necesarias medidas adicionales de protección para proteger estos equipos.

La protección externa contra rayos es inocua frente a perturbaciones causadas por el impulso electromagnético del rayo que impacta en las cercanías de la estructura y contra las perturbaciones causadas por impactos directos en las redes eléctricas, telefónicas, etc. que alimentan la estructura, por ello debe implementarse un sistema de protección externa que cubre este aspecto de la protección. A continuación se harán algunas recomendaciones con relación a la protección interna.

Para evitar chispas o arcos eléctricos que puedan ser originados por sobretensiones debidas a una descarga directa o indirecta sobre la estructura, al igual que por tensiones inducidas por impactos directos o lejanos, se deben alejar una distancia de seguridad específica o equipotencializar a las bajantes y/o a al sistema de puesta a tierra de las acometidas de servicio, pantallas de cables y otras partes metálicas normalmente no energizadas, como las siguientes:

- Las partes metálicas de la estructura.
- Las partes metálicas de la piscina.
- Las instalaciones metálicas.
- Los ductos metálicos.
- Las partes conductoras externas y líneas de servicio conectadas a la estructura, como servicios de Agua, Energía, Gas, Teléfonos y TV.
- Los sistemas eléctricos y electrónicos dentro de la estructura a ser protegida.

Las bajantes en la disposición utilizada en este proyecto requieren una distancia de seguridad igual a 0.00m debido a que usan bajantes naturales, se usan mas 10 bajantes, se utiliza aislamiento para tensión tipo impulso en las bajantes aisladas.

Deben instalarse barrajes equipotenciales para conectar todas las pantallas de cables, estructuras metálicas, etc. con el sistema de puesta a tierra. Los conductores que llevan corriente (Fases) en el cambio de red aérea a subterránea y en los tableros principales y

secundarios, deben conectarse a los barrajes equipotenciales mediante dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias, DPS.

DPS Para Tablero Principal.

Con el fin de minimizar daños sobre el sistema eléctrico y los equipos, se recomienda instalar un DPS Clase I+II de las siguientes características mínimas, en el tablero general de Distribución en baja tensión, ubicado en la subestación, con las siguientes características mínimas:

- Tensión Nominal: 230 V.
 - Clasificación según norma IEC61643-1 : Clase I+II
 - Valor de cresta de corriente del rayo: 50 KA (10/350 μ s) y 100 KA (8/20 μ s)
 - Coordinado con otras protecciones.
 - Nivel de Tensión de protección: menor a 1.3 Kv
 - Temperatura de operación: -40°C a 85°C
 - Tiempo de respuesta: menor a 25 ns.
- Sugerencia: DPS Clase I+II Tipo PS4-B+C+TT/TNS, Código 5089 76 1, marca OBO.

DPS Para Equipos Sensibles Importantes.

Se recomienda instalar DPS clase II y/o III para proteger de sobretensiones equipos sensibles tales como computadores, sistemas de circuito cerrado de TV, telefonía mediante cables BCH, monitoreo, registro y control etc. Para ello es necesario consultar con el proveedor de los equipos la protección recomendada o en su defecto, investigar sobre las características de voltaje, conexiones, sistema de control, etc., para definir el DPS adecuado en el equipo que se requiera.

RECOMENDACIONES DE DISEÑO Y CONSTRUCCION

De acuerdo con el diseño del sistema de protección contra descargas atmosféricas mostrado en los planos, el constructor deberá tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- De acuerdo al Art 16 de RETIE, "el diseño de la protección contra rayos debe realizarse aplicando el método electrogeométrico.", por tal razón, todos aquellos sistemas no convencionales tales como pararrayos radiactivos, entre otros, que utilizan una metodología diferente al modelo electrogeométrico quedan sin validez y por ende no está avalado su uso.
- La distancia mínima entre los conductores enterrados o varillas de puesta a tierra y otros conductores debe ser la que se indica en la **Tabla 6**.
- El radio de curvatura de los conductores del sistema de apantallamiento en ningún caso debe ser inferior a 0.2 metros.

RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO

Después de realizada la instalación, recomendamos realizar labores de mantenimiento periódicas con el fin de mantener el correcto funcionamiento del SIPRA y garantizar la protección tanto a los equipos como al personal que labora en este edificio. Esta inspección la debe guiar un especialista en protección contra rayos de acuerdo a las recomendaciones de la norma NTC 4552-3.

El SIPRA debe ser inspeccionado durante su instalación, después de concluir la instalación y regularmente de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 7. Máximo periodo entre inspecciones de un Sistema de protección Externo contra rayos.

Nivel de Protección	Inspección Visual (año)	Inspección completa (año)	Sistemas críticos Inspección completa (año)
I y II	1	2	1
III y IV	2	4	1

El mantenimiento debe incluir las siguientes actividades:

- Realizar mediciones de resistencia de puesta a tierra 4 años, o cuando se modifique el SIPRA o se instalen nuevos equipos al sistema, que requieran de ciertas condiciones especiales, en este caso determinadas por el fabricante.
- Las medidas de resistencia de la puesta a tierra deben ser iguales o menores a la resistencia final tomada cuando se terminó de construir.
- Realizar pruebas de continuidad, especialmente en las partes del Sipra que serán visibles para la inspección durante la instalación inicial y no estarán disponibles después para la inspección visual.
- Revisión cada dos años del estado físico de los conectores con los cuales se realizan las derivaciones y las interconexiones del sistema de puesta a tierra. Estos elementos por tener ajuste mecánico tipo perno, generan regularmente capas de óxido las cuales presentan resistencia al buen contacto entre los conductores. Igualmente se debe verificar su ajuste.
- Inspección visual cada 2 años de todo el sistema. Esta comprende:
 - Asegurarse que el proyecto está de acuerdo con la norma;
 - El SIPRA está en buenas condiciones;
 - No hay pérdida de conexión o roturas accidentales en los conductores ni en sus conexiones;

- Ninguna parte del sistema se ha debilitado por corrosión, en especial a nivel del suelo;
- Todas las conexiones de tierra están intactas;
- No ha habido adiciones o alteraciones en la estructura protegida que requieran protección adicional;
- No hay daños en los DPS o fallo en sus protecciones;
- Los conductores equipotenciales y las conexiones dentro de la estructura están intactos.

GUÍA GENERAL DE SEGURIDAD PERSONAL DURANTE TORMENTAS ELÉCTRICAS PARA LOS EDIFICIOS.

Durante una tormenta eléctrica son evidentes los peligros a los que se exponen no solo las edificaciones y los sistemas eléctricos y electrónicos, sino las personas. Es por ello que se deben conocer algunas recomendaciones para tener en cuenta durante una tormenta.

El riesgo de ser alcanzado por un rayo es mayor para las personas que trabajan, juegan, caminan o permanecen al aire libre durante una tormenta eléctrica; por ello deben instalarse y verificarse periódicamente la existencia de avisos que ordenen a las personas, ante la evidencia de lluvia o tormenta eléctrica, que despejen áreas descubiertas.

En la zona colombiana (Cundinamarca, Antioquia; Boyacá, Santander, Caldas, Quindío, Risaralda, Valle del Cauca y los llanos) la actividad de rayos es más intensa durante los meses de abril, mayo, octubre y noviembre.

La actividad de rayos se presenta generalmente en las zonas descritas entre las 2 y las 6 de la tarde.

Cuando se tengan indicios de tormenta eléctrica es recomendable, como medida de protección, tener en cuenta las siguientes instrucciones:

- Deben estar aterrizados y protegidos adecuadamente los equipos sensibles de uso eléctrico, electrónico, telefónico o de comunicaciones contra sobretensiones de acuerdo con los criterios y recomendaciones presentadas en la norma, de lo contrario desconéctelos retirando el enchufe del tomacorriente evitando así el uso de ellos.
- Busque refugio en el interior de vehículos, edificaciones y estructuras que ofrezcan protección contra rayos.
- A menos que sea absolutamente necesario, no salga al exterior ni permanezca a la intemperie durante una tormenta eléctrica.
- Permanezca en el interior del vehículo, edificación o estructura hasta que haya desaparecido la tormenta.

Protéjase de los rayos en:

- Contenedores totalmente metálicos.
- Refugios protegidos o refugios subterráneos.
- Automóviles y otros vehículos cerrados con carrocería metálica.
- Viviendas y edificaciones con un sistema adecuado de protección contra rayos.

Los siguientes sitios ofrecen poca o ninguna protección contra rayos:

- Edificaciones no protegidas alejadas de otras viviendas.
- Tiendas de campaña y refugios temporales en zonas despobladas.
- Vehículos descubiertos o no metálicos.

Aléjese de estos sitios en caso de tormenta eléctrica:

- Terrenos deportivos y campo abierto. Específicamente de las canchas en las azoteas del edificio del Colegio Boitá.
- Cercanía a líneas de transmisión eléctrica, cables aéreos, vías de ferrocarril, tendedores de ropa, cercas ganaderas, mallas eslabonadas y vallas metálicas.
- Árboles solitarios.
- Torres metálicas: de comunicaciones, de líneas de alta tensión, de perforación, etc.
- Piscinas, playas y lagos.

Si debe permanecer en una zona de tormenta:

- Busque zonas bajas.
- Evite edificaciones sin protección adecuada y refugios elevados.
- Prefiera zonas pobladas de árboles, evitando árboles solitarios.
- Busque edificaciones y refugios en zonas bajas.

Si se encuentra aislado en una zona donde se esté presentando una tormenta:

- No se acueste sobre el suelo.
- Junte los pies.
- No escampe bajo un árbol solitario.

LIMITACIONES

Las conclusiones y recomendaciones dadas en este estudio se basaron en los diseños arquitectónicos originales del edificio, específicamente en lo referente a planos de las estructuras y edificio, dimensiones, geometría y uso. Si durante la construcción o el uso de las estructuras o edificios se presentan variaciones en las características de estas, se debe verificar las implicaciones derivadas de estos cambios en el Sistema de Protección Externo.

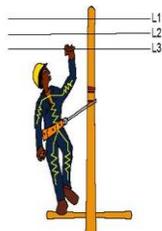
E. ANÁLISIS DE RIESGOS DE ORIGEN ELÉCTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS.

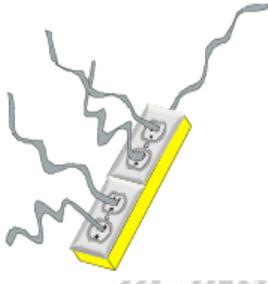
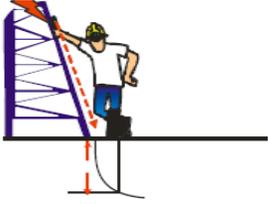
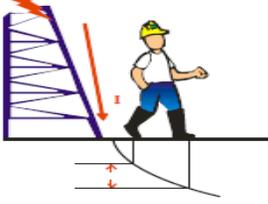
E.1 FACTORES DE RIESGO ELÉCTRICO MÁS COMUNES

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

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



	<p style="text-align: center;">ARCOS ELECTRICOS</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores con carga , apertura de transformadores de corriente, apertura de transformadores de potencia con carga si utilizar equipo extintor de arco, apertura de transformadores de corriente en secundarios con carga, manipulación indebida de equipos de medida, materiales o herramientas olvidadas en gabinetes, acumulación de óxido o partículas conductoras, descuidos en los trabajos de mantenimiento.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta.</p>
	<p style="text-align: center;">AUSENCIA DE ELECTRICIDAD (EN DETERMINADOS CASOS)</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Apagón o corte del servicio, no disponer de un sistema interrumpido de potencia - UPS, no tener plantas de emergencia, no tener transferencia. Por ejemplo: Lugares donde se exijan plantas de emergencia como hospitales y aeropuertos.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Disponer de sistemas interrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática.</p>
	<p style="text-align: center;">CONTACTO DIRECTO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Negligencia de Técnicos o impericia de no Tecnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Establecer distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble aislamiento.</p>
	<p style="text-align: center;">CONTACTO INDIRECTO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo.</p>
	<p style="text-align: center;">CORTOCIRCUITO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos defectuosos.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.</p>
	<p style="text-align: center;">ELECTRICIDAD ESTÁTICA</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Union y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Sistema de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente, eliminadores eléctricos y radiactivos, pisos conductivos.</p>

	<p style="text-align: center;">EQUIPO DEFECTUOSO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Mantenimiento predictivo, y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.</p>
	<p style="text-align: center;">RAYOS</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Fallas en el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Pararrayos, bajantes, puestas a tierra, equipotencialización, apantallamientos, topología de cableados. Además suspender actividades de alto riesgo, cuando se tenga personal al aire libre.</p>
	<p style="text-align: center;">SOBRECARGA</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armónicos, no controlar el factor de potencia.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Uso de interruptores automáticos con relés de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con cortacircuitos, cortacircuitos, fusibles bien dimensionados, dimensionamiento técnico de conductores y equipos, compensación de energía reactiva con banco de condensadores.</p>
	<p style="text-align: center;">TENSIÓN DE CONTACTO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puesta a tierra de baja resistencia, restricción de acceso, alta resistividad del piso, equipotencializar.</p>
	<p style="text-align: center;">TENSIÓN DE PASO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas, retardo en el despeje de la falla.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puesta a tierra de baja resistencia, restricción de acceso, alta resistividad del piso, equipotencializar.</p>
<p>RETIE: TABLA 9.5 Factores de riesgos eléctricos más comunes</p>	

FACTOR DE RIESGO POR ARCOS ELÉCTRICOS

POSIBLES CAUSAS: En el desarrollo de la instalación eléctrica se pueden presentar quemaduras eléctricas por malos contacto, cortocircuitos.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Utilizar avisos de precaución, tableros bien cerrados y debidamente rotulados.

RIESGO A EVALUAR:	Electrocución o quemadura		por		Arcos Eléctricos		(al) o (en)		RED SECUNDARIA 214/123 V	
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUEENTE					
	POTENCIAL	REAL	FRECUCENCIA							
x					E	D	C	B	A	
En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o mas muertes E5	Daño grave en infraestructura Interrupción regional.	Contaminación irreparable.	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción Temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes Interrupción breve E2	Efecto menor	Local E2	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No Interrupción	Sin efecto E1	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Evaluador:	NELSON SAAVEDRA T.		MP:	17205-19368		FECHA:	25/05/21			

FACTOR DE RIESGO POR CONTACTO INDIRECTO

POSIBLES CAUSAS: En el desarrollo de la instalación eléctrica de media tensión se puede presentar electrocución por fallas de aislamiento, por falta de conductor de puesta a tierra o quemaduras por inducción al violar distancias de seguridad.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Establecer distancias de seguridad, utilizar elementos de protección personal, instalar puestas a tierra solidas, hacer mantenimiento preventivo y correctivo.

RIESGO A EVALUAR:		Quemaduras		por		Contacto indirecto		(al) o (en)		RED SECUNDARIA 214/123 V	
		EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE					
POTENCIAL	<input checked="" type="checkbox"/>			REAL	<input type="checkbox"/>	FRECUENCIA					
						E	D	C	B	A	
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	Una o mas muertes E5	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable.	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción Temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes Interrupción breve E2	Efecto menor	Local E2	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No Interrupción	Sin efecto E1	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Evaluador:	NELSON SAAVEDRA T.			MP:	17205-19368		FECHA:	25/05/21			

FACTOR DE RIESGO POR CORTOCIRCUITO

POSIBLES CAUSAS: En el desarrollo de la instalación eléctrica de media tensión se puede presentar electrocución por fallas de aislamiento, por falta de conductor de puesta a tierra o quemaduras por inducción al violar distancias de seguridad.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Establecer distancias de seguridad, utilizar elementos de protección personal, instalar puestas a tierra solidas, hacer mantenimiento preventivo y correctivo.

RIESGO A EVALUAR:		Quemaduras		por		Cortocircuitos		(al) o (en)		RED SECUNDARIA 214/123 V		
		EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE						
POTENCIAL		<input checked="" type="checkbox"/>			REAL		<input type="checkbox"/>	FRECUENCIA				
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A		
	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable.	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO		
	Incapacidad parcial permanente E4	Daños mayores, salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO		
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción Temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO		
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO		
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No Interrupción	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO		
Evaluador:		NELSON SAAVEDRA T.			MP:	17205-19368		FECHA:	25/05/21			

FACTOR DE RIESGO POR RAYOS

POSIBLES CAUSAS: En el desarrollo de la instalación eléctrica de media tensión se puede presentar electrocución por fallas de aislamiento, por falta de conductor de puesta a tierra o quemaduras por inducción al violar distancias de seguridad.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Instalar puestas a tierras solidas, equipotencialización.

RIESGO A EVALUAR:	Quemaduras, Electrocción		por		Rayos		(al) o (en)		Sistema de puesta a tierra	
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUEENTE					
	POTENCIAL	<input checked="" type="checkbox"/>	REAL	<input type="checkbox"/>	FRECUENCIA					
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o mas muertes E5	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable.	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción Temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No Interrupción	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	
Evaluador:	NELSON SAAVEDRA T.		MP:	17205-19368		FECHA:	25/05/21			

FACTOR DE RIESGO POR SOBRECARGA											
POSIBLES CAUSAS: En las instalaciones eléctricas de media tensión se pueden presentar incendios, daños a equipos, por corrientes nominales superiores de los equipos y conductores, instalaciones que no cumplen con normas técnicas y conexiones flojas.											
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Usar interruptores automáticos con relés de sobrecarga, dimensionamiento técnico de conductores y equipos											
RIESGO A EVALUAR:	Incendio		por		Sobrecarga		(al) o (en)		Conductores, equipos y/o red secundaria		
	EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO (CAUSA)				FUENTE		
	POTENCIAL	X	REAL		FRECUENCIA						
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A	
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable.	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción Temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral) E1	Daños leves, No Interrupción	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO		
Evaluador:	NELSON SAAVEDRA T.			MP:	17205-19368			FECHA:	25/05/21		

FACTOR DE RIESGO POR TENSIÓN DE CONTACTO

POSIBLES CAUSAS: En el desarrollo de la instalación eléctrica de media tensión se pueden presentar electrocución por falla de aislamiento en conductores y fallas a tierra.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Hacer puestas a tierra de baja resistencia y equipotencializar.

RIESGO A EVALUAR:	Electrocución		por		Tensión de contacto		(al) o (en)		Conductores y equipos	
	EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO				FUENTE	
					(CAUSA)					
POTENCIAL	<input checked="" type="checkbox"/>	REAL	<input type="checkbox"/>	FRECUENCIA						
						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
C O N S E C U E N C I A S	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa						
	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable.	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción Temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad) E2	Daños importantes Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No Interrupción	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Evaluador:	NELSON SAAVEDRA T.		MP:	17205-19368		FECHA:	25/05/21			

FACTOR DE RIESGO POR TENSIÓN DE PASO

POSIBLES CAUSAS: En el desarrollo de la instalación eléctrica interna y externas de baja tensión se pueden presentar electrocución por falla de aislamiento en conductores y fallas a tierra.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Hacer puestas a tierra de baja resistencia y equipotencializar.

RIESGO A EVALUAR:	Electrocución		por		Tensión de paso		(al) o (en)		Conductores y equipos	
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO		(CAUSA)		FUENTE			
	POTENCIAL	<input checked="" type="checkbox"/>	REAL	<input type="checkbox"/>	FRECUENCIA					
						E	D	C	B	A
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
CONSECUENCIAS	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura Interrupción regional.	Contaminación irreparable.	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción Temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad) E2	Daños importantes Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No Interrupción	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Evaluador:	NELSON SAAVEDRA T.		MP:	17205-19368		FECHA:	25/05/21			

FACTOR DE RIESGO POR ELECTRICIDAD ESTÁTICA

POSIBLES CAUSAS: En el desarrollo de la instalación eléctrica interna y externas de baja tensión se pueden presentar electrocución por falla de aislamiento en conductores y fallas a tierra.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Hacer puestas a tierra de baja resistencia y equipotencializar.

RIESGO A EVALUAR:	Electrocución		por		Electricidad estática		(al) o (en)		ambiente o manipulación de equipos	
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO		(CAUSA)		FUENTE			
	POTENCIAL	<input checked="" type="checkbox"/>	REAL	<input type="checkbox"/>	FRECUENCIA					
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura Interrupción regional.	Contaminación irreparable.	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción Temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad) E2	Daños importantes Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral) E1	Daños leves, No Interrupción E1	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	
Evaluador:	NELSON SAAVEDRA T.		MP:	17205-19368		FECHA:	25/05/21			

FACTOR DE RIESGO POR EQUIPO DEFECTUOSO

POSIBLES CAUSAS: En el desarrollo de la instalación eléctrica primaria externa se pueden presentar quemaduras eléctricas por malos contactos, cortocircuitos o contactos con equipos energizados a través de equipos defectuosos.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Utilizar guantes dieléctricos de clase clase 2 para media tensión y gafas de protección ultravioleta; además de ropa de dotación hecha a base de algodón. Efectuar mantenimiento a los equipos utilizados.

RIESGO A EVALUAR:	Electrocución o quemaduras		por		Equipo defectuoso		(al) o (en)		ambiente o manipulación de equipo		
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUEENTE						
POTENCIAL	<input checked="" type="checkbox"/>	REAL	<input type="checkbox"/>	FRECUENCIA							
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A	
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
	Una o mas muertes	Daño grave en infraestructura Interrupción regional.	Contaminación irreparable.	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción Temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad) E2	Daños importantes Interrupción breve. E2	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral) E1	Daños leves, No Interrupción E1	Sin efecto E1	Interna E1	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO		
Evaluador:	NELSON SAAVEDRA T.		MP:	17205-19368		FECHA:	25/05/21				

Anexo General Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE			
COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	MUY ALTO	Inadmisibles para trabajar: Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización mediante un Permiso Especial de Trabajo. (PES).
	ALTO	Minimizarlo: Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	MEDIO	Aceptarlo: Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	BAJO	Asumirlo: Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder de trabajo debe verificar: •¿Qué puede salir mal o fallar? •¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? •¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	MUY BAJO	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades

RETIE: TABLA 9.4 Decisiones y acciones para controlar el riesgo

F. ANÁLISIS DEL NIVEL TENSIÓN REQUERIDO.

El nivel de tensión requerido en M.T. de 11,4 KV. viene determinado en los datos básicos dado por CODENSA S.A. ESP operador de red, según documento de factibilidad de servicio No.1402442479, y para B.T. el nivel de tensión requerido es 120V-208V, acorde con los equipos de uso final.

	CONDICIONES PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO			No. de Solicitud de Servicio	1402442479
	Fecha de Solicitud	29/MAR/2021	Fecha de Respuesta	08/ABR/2021	Fecha de Vencimiento
Fecha de Impresión	13/ABR/2021	Usuario que Imprime	TELEDATOS	Impresión Número	1

Apreciado cliente, de acuerdo con su solicitud para la instalación y/o adecuación del servicio de energía eléctrica en su predio, a continuación le informamos los requerimientos y trámites que usted debe cumplir para la prestación del servicio:

INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
Número Cliente	NO APLICA	Nit o C.C del Propietario	6196801
Nombre del Cliente o Propietario	NELSON SAVEEDRA		
Dirección	CL 45 SUR 72 Q 20	Teléfonos	3155661024
Unidad Operativa	Bogota D.C	Municipio	Bogotá
Localidad	Kennedy	Vereda	No Aplica
Barrio	SANTA CATALINA	Estrato	2

INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE			
Nombre	SECRETARIA DE EDUCACIÓN DISTRITAL	Nit o C.C	8999990619
Teléfono	3155661024	Celular	23924603

DETALLE SERVICIO SOLICITADO			
Servicio Solicitado	Servicio Nuevo		
Estado Actual de la Cuenta	No Aplica	Carga Existente	NO APLICA
Actividad Económica Asociada a la Solicitud	Comercio		

Cuentas Aprobadas	Monofásicas	Bifásicas	Trifásicas	Potencia Máxima Aprobada
Residencial	0	0	0	500 KW
Comercial	0	0	0	
Industrial	0	0	0	Voltaje Aprobado
Oficial	0	0	2	
Provisional	0	0	0	11400 V
Total tipo y clase de cuentas	0	0	2	
		TOTAL	2	

Requisitos técnicos y legales que usted debe cumplir para la prestación del servicio

G. CÁLCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS PARA ASEGURAR QUE, EN ESPACIOS DESTINADOS A ACTIVIDADES RUTINARIAS DE LAS PERSONAS, NO SE SUPEREN LOS LÍMITES DE EXPOSICIÓN DEFINIDOS EN LA TABLA 14.1

No aplica, ya que los diseños de líneas o subestaciones de tensión inferior a 57,5 kV, en zonas donde se tengan en las cercanías edificaciones ya construidas, según RETIE, no requieren incluir un análisis del campo electromagnético en los lugares donde se vaya a tener la presencia de personas.

H. CÁLCULO DE TRANSFORMADOR INCLUYENDO LOS EFECTOS DE LOS ARMÓNICOS Y FACTOR DE POTENCIA EN LA CARGA

El calentamiento por armónicos afecta a muchos transformadores, por ello el comité de normalización europeo CENELEC ha definido un factor de sobredimensionamiento de los mismos denominado factor de desclasificación que permite calcular la carga admisible de un transformador con factor $K=1$, en presencia de armónicos.

En el sistema eléctrico del Colegio Boitá, las cargas relevantes que contienen armónicos son la iluminación Led, las UPS, las cargas de equipos de computo y las cargas motorizadas con variadores de velocidad, tales como bombas y ascensores.

El contenido de armónicos en un sistema es indicado por un número llamado factor. Para las lámparas el factor $K=4$. A continuación otros factores K en el cálculo del transformador.

COLEGIO BOITA								
MEMORIAS DE CALCULOS								
CALCULO TRANSFORMADOR PARA INSTITUCIONES DE ENSEÑANZA SEGÚN NORMA 2050								
TABLERO ELECTRICO	CARGA INSTALABLE (VA)				CARGA DEMANDADA (VA)			
	ILUMINACION	TOMAS	OTRAS CARGAS	CARGA TOTAL	ILUMINACION	TOMAS	OTRAS CARGAS	CARGA TOTAL
TOTAL CARGA INSTALABLE (VA)	66.269,7	85.832,7	456.274,7	608.377,1	66.269,7	75.041,7	410.760,1	552.071,48
CALCULO DEL TRANSFORMADOR SEGÚN NTC 2050							POTENCIA (KVA)	
ALUMBRADO 100 % (TABLA 220-11, NTC 2050)								66,3
TOMAS (TABLA 220-13, NTC 2050)								37,9
OTROS TOMAS (TABLA 220-13, NTC 2050)								21,7
CARGAS DEL SISTEMA DE POTENCIA REGULADA (CABLEADO ESTRUCTURADO: CENTROS DE COMUNICACIONES Y PUESTOS DE TRABAJO)								93,2
CARGA SISTEMA RCI								127,4
OTRAS CARGAS ESPECIALES:								154,8
-TE-BOMBAS								73,0
-TABLEROS DE ASCENSORES								21,7
-TABLEROS DE AIRES ACONDICIONADOS								60,1
CARGA TOTAL DEL COLEGIO, CON RCI, CALCULADA SEGÚN NTC 2050								501,3

CARGA PARCIAL DEL COLEGIO, SIN SISTEMA RCI, CALCULADA SEGÚN NTC 2050		373,9
CÁLCULO DE EFECTOS DE LOS ARMÓNICOS SEGÚN ANS/IEEE C57.110.1996		75,1
FACTOR "K" DE LA CARGA PARA LUMINARIAS LED, K=4.	SOBRECARGA DEL TRANSFORMADOR POR ARMÓNICOS DE LUMINARIAS LED:	5,7
FACTOR "K" DEBIDO A LAS UPS DEL SISTEMA DE POTENCIA REGULADA (12*10 KVA = 120 KVA), K=4.	SOBRECARGA DEL TRANSFORMADOR POR ARMÓNICOS DEBIDO A UPS:	10,3
FACTOR "K" DEBIDO A LA CARGA DEL SISTEMA DE POTENCIA REGULADA, K=20.	SOBRECARGA POR ARMÓNICOS DE COMPUTADORES Y EQUIPOS DE COMUNICACIONE	32,6
FACTOR "K" DE LA CARGA DEL SISTEMA DE BOMBEO CON VARIADORES DE VELOCIDAD DE ESTADO SOLIDO, K=20.	SOBRECARGA ESTIMADA DEBIDO A VARIADOR BOMBA DE AGUA POTABLE:	18,9
FACTOR "K" DE LA CARGA DE ASCENSORES CON VARIADORES DE VELOCIDAD DE ESTADO SOLIDO, K=20.	SOBRECARGA ESTIMADA DEBIDO A VARIADORES DE ASCENSORES:	7,6
POTENCIA DE TRANSFORMACION MINIMA REQUERIDA		449,0

TRANSFORMADOR SELECCIONADO:	TRIFASICO, 11400Y/208-120V, 60 Hz, DY5	500,0	KVA
	RESERVA TECNICA	10,2%	51,0
			KVA
CUANDO EL SISTEMA RCI OPERA SE DESLAISTRA PARTE DE LA CARGA PARA GARANTIZAR QUE EL TRANSFORMADOR NO SE SOBRECARGA (VER DIAGRAMA UNIFILAR)			
1. CALCULO ACOMETIDA Y PROTECCIONES PARA TRANSFORMADOR			
TRANSFORMADOR (LADO M.T.)			
CORRIENTE POR FASE (A)	$I_n = 500,0 / 11,4 \cdot \sqrt{3} =$	25,3	
CORRIENTE PROTECCIÓN (A)	$I_p = 1,50 \times I_n =$	38,0	
FUSIBLE PRIMARIO TIPO HH, 15 KV (A)		40,0	
TRANSFORMADOR (LADO BT)			
CORRIENTE POR FASE (A)	$I_n = 500,0 / 0,208 \cdot \sqrt{3} =$	1.388	
CORRIENTE PROTECCIÓN (A)	$I_p = 1,25 \times I_n =$	1.735	
CALIBRE DE ACOMETIDA:	5x(3#500KCM + 1#350 KCM +1#2 T AWG), Cu, HFFRLS, por BANDEJA 60x10cm.		NTC 2050, ART. 318-11, b), 2).
PROTECCION DEL TR :	Icu:85 KA, Ics: 75% 3x1735 A, Regulable. (800-2000 A) Termomagnético, con proteccion de falla a tierra		

Observemos que los armónicos generados por las lámparas de descarga afectan al transformador aumentando en 75,1 KVA los requerimientos de transformación. Una vez entre en operación el Colegio, con todas sus cargas definitivas, se recomienda un estudio de armónicos para definir exactamente los armónicos generados y validar este estudio, o implementar filtros de Armónicos.

I. CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

Para el cálculo de la malla de puesta a tierra se hace uso de la corriente monofásica primaria dada por el operador de red y la resistividad del terreno mediada por nosotros, cuyo informe completo se encuentra al final de este documento, identificado como "ANEXO 3: ESTUDIO DE RESISTIVIDAD DEL TERRENO", donde aparece el análisis de los datos, gráficas y registro fotográfico completo. Un resumen de estas mediciones obtenidas en el terreno, y los resultados calculados se observan en el resumen siguiente:

Tabla 1: MEDIDA DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO: METODO DE LOS 4 PUNTOS (Método de WENNER)				
Lugar de medición	Parque Santa Catalina.		Punto significativo: Terreno área central del predio	
Dirección	Entre Calles 45 Sur y 43 Sur y carreras 72 Q y 72 Q Bis, Localidad 8 Kennedy, BOGOTÁ			
Estado superficial del terreno	Seco		Equipo Utilizado	MI-2086 Eurotest , Marca METREL.
Profundidad de exploración (m)	Separación D	Resistividad ρ (Ω -m)		
	m	Dirección A: S-N	Dirección B: O-E	Promedio ρ (Ω -m)
0,75	1	35,5	31,0	33,25

1.50	2	41,9	58,0	49,95
2.25	3	28,3	52,7	40,5
3.00	4	17,5	62,8	40,15
3.75	5	21,6	29,9	25,75
Promedio ρ (Ω -m)		28,96	46,88	37,92

1. El valor promedio de las 10 mediciones de resistividad es de **37,92 Ω -m**.
2. Para que el terreno sea considerado como uniforme se requiere una variación máxima del 30%. Esto implica la revisión de la cantidad de valores comprendidos dentro del rango de **37,92 Ω -m \pm 30% = 26,54 Ω -m a 49,30 Ω -m**.
3. Al revisar los diferentes valores de resistividad medidos, encontramos que **5** de los **10** valores está fuera del rango de aceptación. Por tanto el terreno se considera como no uniforme y para obtener la resistividad promedio aplicaremos la metodología de BOX-COX, que modela un suelo uniforme, en una sola capa.
4. Calculo de la resistividad en una sola capa por el método del BOX-COX.

CALCULO DE LA RESISTIVIDAD POR EL METODO DEL BOX-COX				
SITIO		PREDIO DE FUTURO C. BOITÁ		
DIRECCIÓN		CALLE 45 SUR # 72Q SUR-20, KENNEDY, LOCALIDAD		
CLIENTE		SED, BOGOTA.		
SEPARACION ENTRE ELECTRODOS	MEDIDAS PROMEDIO (X)	LN (Xi)	(Xi-X) ²	
1	33,3	3,50405	0,01154	
2	50,0	3,91102	0,08972	
3	40,5	3,70130	0,00807	
4	40,2	3,69262	0,00658	
5	25,8	3,24843	0,13181	
PROMEDIO		3,61149	0,04954	
DESV. ESTÁNDAR			0,22258	
Z (70%)			0,52441	
RESISTIVIDAD DEL TERRENO CON EL 70% DE PROBABILIDAD DE NO SER SUPERADA (Ω m)			41,60	

5. La resistividad del terreno considerado como un terreno uniforme, con una probabilidad del 70% de no ser superada, sin corrección por error de equipos como recomienda la norma IEC, es de $\rho = 41,60 \Omega$ -m.
6. Se realiza corrección de valores por error de equipos según recomienda la norma IEC 61557; luego la resistividad final con una probabilidad del 70% de no ser superada es de $\rho = 54,08 \Omega$ -m.
7. De la información entregada por Codensa para el cálculo de coordinación y protecciones obtenemos: Corriente asimétrica de cortocircuito monofásico: 3.490 A, para calculo malla a tierra
8. KVA de los motores conectados en el momento de falla: 222,1 KVA.

CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

PROYECTO:

CALCULO DE MALLA DE PUESTA A TIERRA PARA COLEGIO BOITÁ.

1. METODOLOGIA IEEE80 - 2000

Se utilizan para los cálculos las ecuaciones de la estándar IEEE80-2000.

PARAMETROS

$\rho =$	54,08	Resistividad aparente del terreno Ohm/m. EN UNA CAPA
$\rho_s =$	10.000,00	Resistividad superficial del terreno Ohm/m , para piso de concreto.
$h_s =$	0,15	Espesor de capa superficial (m)
$I_o =$	3.490,00	Corriente de falla monofasica a tierra en el primario (A) al 60 % dada por OP. CODENSA
$t_s =$	0,150	Tiempo de despeje de la falla (s) sugerido por CODENSA

2. SELECCIÓN DEL CONDUCTOR

De acuerdo al RETIE 2013 y a la norma ANSI/IEEE 80

$$A_{mm^2} = \frac{IK_f \sqrt{t_c}}{1,9737}$$

En donde:

A_{mm^2} es la sección del conductor en mm^2 .

I es la corriente de falla a tierra, suministrada por el OR (rms en kA).

K_f es la constante de la Tabla 15.3, 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 es el tiempo de despeje de la falla a tierra.

Y a la tabla 250-94 de la norma NTC-2050, en lo referente a calibres de conductores.

Para	Kf = 11,78	$A_{mm^2} = 8,07$	mm²
Se escoge cable de cobre Calibre N ^o		2/0	AWG
Sección transversal del conductor		Ac = 67,7	mm²
Diámetro conductor		d = 10,6	mm

3. TENSIONES DE PASO Y CONTACTO MAXIMAS TOLERABLES

$$C_s = 1 - \frac{0,09 * \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right)}{2 * h_s + 0,09} \quad (27)$$

Cs =	0,770
Peso de la persona Kg =	70
Factor de Relación (adimensional)	0,157

Tensión de paso

$$E_{step50} = (1000 + 6C_s \cdot \rho_s) \frac{0,116}{\sqrt{t_s}} \quad E_{step70} = (1000 + 6C_s \cdot \rho_s) \frac{0,157}{\sqrt{t_s}} \quad (30)$$

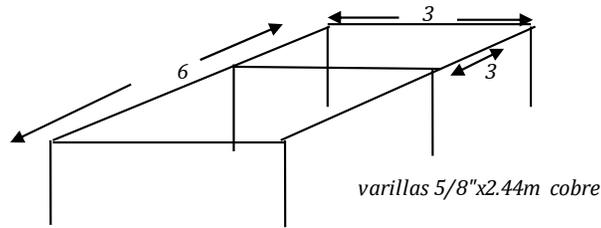
Tensión de contacto

$$E_{Touch50} = (1000 + 1,5C_s \cdot \rho_s) \frac{0,116}{\sqrt{t_s}} \quad E_{Touch70} = (1000 + 1,5C_s \cdot \rho_s) \frac{0,157}{\sqrt{t_s}} \quad (33)$$

$C_s = 1$ terrenos sin grava

$E_{step70} =$	$V_{paso} =$	19.145,2 V	Tolerable
$E_{Touch70} =$	$V_{contacto} =$	5.090,3 V	Tolerable

4. DETERMINACION CONFIGURACION INICIAL



D=	3	Lado de la cuadrícula o espaciamento entre conductores(m)
L1=	6	Largo de la malla (m)
L2=	3	Ancho de la malla (m)
h=	0,8	profundidad de enterramiento de los conductores (m)
N=	6	Numero de electrodos tipo varilla
Lv=	2,4	Longitud del electrodo tipo varilla (m)
Lce=	15	Longitud de las colas para equipotencializacion (m)

$$L_T = L_c + N * L_v + L_{ce}$$

Longitud total del conductor
para mallas cuadradas o rectangulares

$$L_c = \left(\frac{L_1}{D} + 1\right) * L_2 + \left(\frac{L_2}{D} + 1\right) * L_1 (m)$$

L_c=	36	m
L_T=	50,4	m
Área=	18	M ²

5. CALCULO DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

$$R_g = \rho * \left[\frac{1}{L_r} + \frac{1}{\sqrt{20} * A} * \left(1 + \frac{1}{1 + h * \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right] \quad (52)$$

R_g=	5,47	Ohm
-----------------------	------	-----

6. CALCULO MAXIMO POTENCIAL DE TIERRA (GPR)

I_G =	1,9 * I ₀	(A)
I_G =	6.631,0	A
GPR= I_G * R_G	(V)	
GPR=	36.268,8	V
Vcontacto=	5.090,3	V
Vcontacto < GPR		Tolerable

7. CALCULO DE TENSION DE MALLA EN CASO DE FALLA

$h=$	0,8	Profundidad de enterramiento de los conductores (m)
$D=$	3	lado de la cuadrícula o espaciamiento entre conductores(m)
$L_1=$	6	Largo de la malla (m)
$L_2=$	3	Ancho de la malla (m)
Conductor calibre 2/0 AWG		
$A_c=$	67,7	mm ² Sección transversal del conductor
$d=$	0,0106	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
$L_p = (L_1+L_2)*2$ (m)		Para mallas cuadradas o rectangulares

$L_p =$	18	m
$n=$	Factor de geometría	
$n=$	$n_a * n_b * n_c * n_d$	

(84)

$$n_a = \frac{2 * L_c}{L_p}$$

$$n_a = 4,000$$

(85)

$$n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4 * \sqrt{A}}}$$

$$n_b = 1,030$$

(86)

$$n_c = \left(\frac{L_1 * L_2}{A} \right)^{\left(\frac{0.7 * A}{L_1 * L_2} \right)}$$

$$n_c = 1,0$$

(87)

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

$$n = 4,120$$

$$K_i = 0.644 + 0.148 * n$$

Factor de corrección

(89)

$$K_i = 1,254$$

$$K_h = \sqrt{1 + h}$$

(83)

$$K_h = 1,342$$

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

(81)

$K_m =$	0,6515	Factor Geométrico
---------	--------	-------------------

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

$V_{malla} =$	4.533,9	V
---------------	---------	---

$V_{contacto\ tolerable} =$	5.090,3	V	Tolerable
-----------------------------	---------	---	-----------

$V_{malla} < V_{contacto\ Tolerable}$	CUMPLE
---------------------------------------	---------------

8. CALCULO DE LA TENSION DE PASO EN FALLA

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

$K_s =$	0,3644
---------	--------

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

$V_{PASO} =$	4.174,9	V
$V_{paso\ tolerable} =$	19.145,2	V
$V_{paso} < V_{paso\ tolerable}$	CUMPLE	

Vemos que una vez efectuados los cálculos para la configuración de la malla de puesta a tierra propuesta ésta **CUMPLE**, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

$L1 =$	6	Largo de la malla (m)
$L2 =$	3	Ancho de la malla (m)
$h =$	0,8	profundidad de enterramiento de los conductores(m)
$N =$	6	Numero de electrodos tipo varilla
$Lv =$	2,4	Longitud del electrodo tipo varilla (m)

9. CALCULO DE LA TENSION DE CONTACTO APLICADA A UN SER HUMANO EN CASO DE FALLA

Para este cálculo se toma como punto de contacto del ser humano cualquier parte del SPT o malla, la cual 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 con una resistividad superficial específica, y tomando el caso mas crítico que sería con las piernas separadas.



- V1= Máxima tensión de contacto resultante**
- R1= Resistencia del suelo en el punto de apoyo 1
- R2= Resistencia del suelo en el punto de apoyo 2
- Ra= Resistencia del cuerpo de el individuo
- Rb= Resistencia superficial de el piso debajo de el individuo
- Vmalla= Voltaje de la malla

$$= 3 \rho_s$$

$$= 3 \rho_s$$

$$= 1000 \text{ Ohm}$$

$$R_b = \left(\frac{R1 * R2}{R1 + R2} \right) \quad V_1 = V_{malla} \left(\frac{Ra}{Ra + Rb} \right) \quad \rho_s = 10000$$

$R_b =$	15000 Ohm	$V_{malla} =$	4.533,9 V
$V_1 =$	283,4 V		

Según RETIE Tabla 15.1 máxima tensión de contacto para un ser humano es:

Para $T_s = 0,15$

$$\text{Máxima tensión de contacto} = \frac{116}{\sqrt{t}} [V.c.a.] = 299,5 \text{ V}$$

Entonces:

$V_1 < \text{Máxima tensión de contacto permisible}$
La tensión de contacto CUMPLE para $T_s = 0,150$

J. CÁLCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES, TENIENDO EN CUENTA TODOS LOS FACTORES DE PÉRDIDAS, LAS CARGAS RESULTANTES Y LOS COSTOS DE LA ENERGÍA.

Ya que el uso de conductores de cobre en media tensión, para Codensa solo aplica para efectos de mantenimiento o reposiciones de red de uso general de Codensa, se usa solo conductores de aluminio en la acometida de media tensión en este proyecto. Para el dimensionamiento del conductor consideramos la regulación y pérdidas del conductor, para lo cual tomamos el tramo de red desde el punto de conexión dado por Codensa hasta Bornes primarios del transformador de 500 kva instalado en a la subestación. Este tiene una longitud de 133 m, para lo que se tuvo en cuenta holguras y reservas en cajas.

PROYECTO COLEGIO BOITA													
MEMORIAS DE CÁLCULO S													
CÁLCULO DE REGULACION DE ACOMETIDA EN MEDIA TENSION Y PERDIDAS													
DESDE	HASTA	CARGA TOTAL DEMANDADA (KVA)	CORRIENTE NOMINAL (A)	LONGITUD TRAMO (ML)	MOMENTO ELECTRICO (KVA.ML)	TIPO DE SISTEMA	CALIBRE	CONDUCTORES ACOMETIDA	$K \times 10^{-7}$	% REG. PARCIAL	% REG. TOTAL	RIC-40M	PERDIDAS (W)
TRANSFORMADOR T1 DE 500 KVA													
PUNTO DE CONEXIÓN DE CODENSA	TRANSFORMADOR DE 500 KVA	500,0	25,3	133,00	66.500	3F, 3 HILOS, 11.400V, CONDUCTOR TRIPLEX, MT., AISLADO 15 KV, POR DUCTO, ALUMINO	185 mm ²	3x185 mm ² , Al XLPE	1,680	0,01	0,01	0,181	116,1

Para el cálculo económico de los conductores se Baja tensión se toma el tramo de red de desde Bornes del transformador de 500 kva hasta el equipo de medida Semidirecta norma AE-319 instalada en el cuarto contiguo a la subestación. Igual para la acometida del Sistema RCI y otras acometidas importantes. Se realiza la comparación entre los 2 conductores que cumplen requisitos de capacidad de transporte, regulación y dificultad de instalación en bornes del TR, Totalizadores, y TC's. Se tendrá en cuenta que la alternativa de conductor brinde una regulación muy parecida y las pérdidas y los costos de energía en cada caso.

CALCULO DE REGULACION DE ACOMETIDA, ALIMENTADORES, RAMALES SECUNDARIOS

DESDE	HASTA	CARGA TOTAL DEMANDADA (KVA)	CORRIENTE NOMINAL (A)	CORRIENTE DE FASE (A) I_m (f factor bloqueado)	LONGITUD TRAMO (ML)	MOMENTO ELECTRICO (KVA-ML)	TIPO DE SISTEMA	CALIBRE	CONDUCTORES ACOMETIDA X REGULACION (HFR LS)	Kx10 ⁷	% REG. PARCIAL	% REG. TOTAL
TRANSFORMADOR T1 DE 500 KVA												
T1	TGD	500,0	1.387,9	1.734,83	13,00	6.500	3F-4H; 120/208 V 3F-3H;208 V	No.500 MCM CU	5X(3No.500KCM+1No.500 KCM+1No.2AWG T), Cu	0,0593	0,39	0,39
T1	TGD	500,0	1.387,9	1.734,83	13,00	6.500	3F-4H; 120/208 V 3F-3H;208 V	No.500 MCM AL	6X(3No.500KCM+1No.500 KCM+1No.2AWG T), AL	0,0591	0,38	0,38
T1	TE-BOMBAS C.I.	127,4	353,6	$I_m = 2.400$ A	47,00	5.987	3F-4H; 120/208 V 3F-3H;208 V	No.500 MCM CU	3No.500KCM+1No.2 AWG T Cu	0,2963	1,77	1,77
T1	TE-BOMBAS C.I.	127,4	353,6	$I_m = 2.400$ A	47,00	5.987	3F-4H; 120/208 V 3F-3H;208 V	2 No.400MCM /fase AL	2x(3No.400KCM+1No.2 AWG T), AL	0,2113	1,26	1,26
PLANTA DE EMERGENCIA	TGD	330,0	916,0	1.053,39	16,00	5.280	3F-4H; 120/208 V 3F-3H;208 V	4 No.500MCM /fase CU	4X(3No.500KCM+1No.500 KCM+1No.2 AWG T), Cu	0,0741	0,39	0,39
PLANTA DE EMERGENCIA	TGD	330,0	916,0	1.053,39	16,00	5.280	3F-4H; 120/208 V 3F-3H;208 V	No.500 MCM AL	5X(3No.500KCM+1No.500 KCM+1No.2AWG T), AL	0,0709	0,37	0,37
TGD	TGD-TORRE A	97,0	269,1	281,18	111,00	10.762	3F-4H; 120/208 V 3F-3H;208 V	No.350 MCM CU	2X(3No.350KCM+1No.350KCM N+1No.4AWG T), Cu	0,1844	1,98	2,37
TGD	TGD-TORRE A	97,0	269,1	281,18	111,00	10.762	3F-4H; 120/208 V 3F-3H;208 V	2 No.400MCM /fase AL	2X(3No.400KCM+1No.400 KCM+1No.2AWG T), AL	0,2113	2,27	2,27
TGD	T G DE EMERGENCIA	319,8	887,6	917,93	8,00	2.558	3F-4H; 120/208 V 3F-3H;208 V	3 No.500MCM /fase CU	3x(3No.500KCM+1No. 500 KCM N +1No.1/0AWG T); Cu	0,0988	0,25	0,64
TGD	T G DE EMERGENCIA	319,8	887,6	917,93	8,00	2.558	3F-4H; 120/208 V 3F-3H;208 V	No.500 MCM AL	4x(3No.500KCM+1No. 500 KCM N +1No.1/0AWG T); Al	0,0886	0,23	0,61
T G E	TGE-TORRE A	115,1	319,4	332,07	87,00	10.012	3F-4H; 120/208 V 3F-3H;208 V	No.350 MCM CU	2x(3No.350KCM+1No.350KCM+1No.2AWG T), Cu	0,1844	1,85	2,48
T G E	TGE-TORRE A	115,1	319,4	332,07	87,00	10.012	3F-4H; 120/208 V 3F-3H;208 V	2 No.500MCM /fase AL	2x(3No.500KCM+1No.500KCM+1No.2AWG T), AL	0,1772	1,77	2,41

CALCULO DE PERDIDAS DE ENERGIA EN BAJA TENSION

DESDE	HASTA	CARGA TOTAL DEMANDADA (KVA)	I_{max} (A)	LONGITUD TRAMO (ML)	TIPO DE SISTEMA	CALIBRE CONDUCTOR DE FASE	CONDUCTORES ACOMETIDA SELECCIONADA POR REGULACION (AWG-HFR LS)	RESISTENCIA EQUIVALENTE W/km	PERDIDAS ENERGIA (KW-HORA) $I^2 \times R$
TRANSFORMADOR TR DE 500 KVA									
TR	TGD	500,0	1.734,8	13,00	3F-4H; 120/208 V 3F-3H;208 V	5 No.500MCM /fase CU	5X(3No.500KCM+1No.500 KCM+1No.2AWG T), Cu	0,01555	0,608
TR	TGD	500,0	1.734,8	13,00	3F-4H; 120/208 V 3F-3H;208 V	No.500 MCM AL	6X(3No.500KCM+1No.500 KCM+1No.2AWG T), AL	0,02130	0,833
TR	TE-BOMBAS C.I.	127,4	442,0	47,00	3F-4H; 120/208 V 3F-3H;208 V	No.500 MCM CU	3No.500KCM+1No.2 AWG T Cu	0,07776	0,714
TR	TE-BOMBAS C.I.	127,4	442,0	47,00	3F-4H; 120/208 V 3F-3H;208 V	2 No.400MCM /fase AL	2x(3No.400KCM+1No.2 AWG T), AL	0,07986	0,733
PLANTA DE EMERGENCIA	TGD	330,0	916,0	16,00	3F-4H; 120/208 V 3F-3H;208 V	4 No.500MCM /fase CU	4X(3No.500KCM+1No.500 KCM+1No.2 AWG T), Cu	0,01944	0,261
PLANTA DE EMERGENCIA	TGD	330,0	916,0	16,00	3F-4H; 120/208 V 3F-3H;208 V	5No.500MCM /fase AL	5X(3No.500KCM+1No.500 KCM+1No.2AWG T), AL	0,02555	0,343
TGD	TGD-TORRE A	97,0	281,2	111,00	3F-4H; 120/208 V 3F-3H;208 V	2 No.350MCM /fase CU	2X(3No.350KCM+1No.350KCM N+1No.4AWG T), Cu	0,05554	0,487
TGD	TGD-TORRE A	97,0	281,2	111,00	3F-4H; 120/208 V 3F-3H;208 V	2 No.400MCM /fase AL	2X(3No.400KCM+1No.400 KCM+1No.2AWG T), AL	0,07986	0,701
TGD	TGE DE EMERGENCIA	319,8	917,9	87,00	3F-4H; 120/208 V 3F-3H;208 V	3 No.500MCM /fase CU	3x(3No.500KCM+1No. 500 KCM N +1No.1/0AWG T); Cu	0,02592	1,900
TGD	TGE DE EMERGENCIA	319,8	917,9	87,00	3F-4H; 120/208 V 3F-3H;208 V	4No.500MCM /fase AL	4x(3No.500KCM+1No. 500 KCM N +1No.1/0AWG T); Al	0,03194	2,342
TGD	TGE-TORRE A	115,1	332,1	87,00	3F-4H; 120/208 V 3F-3H;208 V	2 No.350MCM /fase CU	2x(3No.350KCM+1No.350KCM+1No.2AWG T), Cu	0,05554	0,533
TGD	TGE-TORRE A	115,1	332,1	87,00	3F-4H; 120/208 V 3F-3H;208 V	2 No.500MCM /fase AL	2x(3No.500KCM+1No.500KCM+1No.2AWG T), AL	0,06389	0,613

CALCULO ECONOMICO DEL CONDUCTOR											
Desde	Hasta	conductor de fase	PERDIDAS ENERGIA (KW-H) $F \times R$	Hr/annual	KW-H/annual	\$(KW-h)	Perdidas de Energia/año (\$)	Costo acometida (Ramal)/año (\$)	Gasto total /año (\$)	Costo Total/año (\$)	acometida seleccionada
TR	TGD	5 No.500MCM /fase CU	0,608	2.000	1.216,9	\$ 567	\$ 690.009	\$ 1.558.479	\$ 2.248.488	\$ 2.248.488	
TR	TGD	6 No.500 MCM /faseAL	0,833	2.000	1.666,3	\$ 567	\$ 944.814	\$ 301.479	\$ 1.246.293	\$ 1.246.293	X
TR	TE-BOMBAS C.L	No.500 MCM CU	0,714	2.000	1.428,0	\$ 567	\$ 809.661	\$ 845.175	1,6548E+06	1.654.835,8	
TR	TE-BOMBAS C.L	2 No.400MCM /fase AL	0,733	2.000	1.466,4	\$ 567	\$ 831.475	\$ 232.809	1,0643E+06	1.064.283,2	X
PLANTA DE EMERGENCIA	TGD	4 No.500MCM /fase CU	0,261	2.000	521,9	\$ 567	\$ 295.944	\$ 1.534.502	\$ 1.830.446	\$ 1.830.446	
PLANTA DE EMERGENCIA	TGD	5No.500MCM /fase AL	0,343	2.000	686,1	\$ 567	\$ 389.020	\$ 309.210	\$ 698.230	\$ 698.230	X
TGD	TGD-TORRE A	2 No.350MCM /fase CU	0,487	2.000	974,8	\$ 567	\$ 552.709	\$ 3.580.801	\$ 4.133.511	\$ 4.133.511	
TGD	TGD-TORRE A	2 No.400MCM /fase AL	0,701	2.000	1.401,6	\$ 567	\$ 794.681	\$ 733.100	\$ 1.527.781	\$ 1.527.781	X
TGD	TGE DE EMERGENCIA	3 No.500MCM /fase CU	1,900	2.000	3.800,2	\$ 567	\$ 2.154.688	\$ 8.343.855	\$ 10.498.544	\$ 10.498.544	
TGD	TGE DE EMERGENCIA	4No.500MCM /fase AL	2,342	2.000	4.683,1	\$ 567	\$ 2.655.329	\$ 1.681.327	\$ 4.336.657	\$ 4.336.657	X
TGD	TGE-TORRE A	2 No.350MCM /fase CU	0,533	2.000	1.065,7	\$ 567	\$ 604.229	\$ 2.806.574	\$ 3.410.803	\$ 3.410.803	
TGD	TGE-TORRE A	2 No.500MCM /fase AL	0,613	2.000	1.225,8	\$ 567	\$ 695.016	\$ 672.531	\$ 1.367.547	\$ 1.367.547	X

K. VERIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la NORMA IEC 60909, IEEE 242, capítulo 9 o equivalente.

El método IEC de cálculo de las corrientes de corto circuito utiliza una fuente de voltaje equivalente en el sitio de la falla y será la única fuente activa del sistema eléctrico en el proceso de cálculo. Todos los alimentadores de la red, máquinas síncronas y asíncronas, transformadores, etc., se representan con sus impedancias internas.

VERIFICACION DE LOS CONDUCTORES						
ALIMENTADOR		Alimentador Subterráneo de media tensión	Alimentador de TGD- Aulas 6No.500KCM, AL, por fase	Alimentador de TE-RCI 2No.400KCM, AL, por fase		
Tension (V)		11.400,0	208,0	208		
Potencia (W)		500,0	500,0	127,4		
F.P. Cos Φ		0,9	0,9	0,9		
Sistema monodasico (1) / Trifasico (3)		3	3	3		
Longitud del tramo (m)		133	13	47		
Corriente del Circuito (A)		54,8	1.734,8	353,6		
Calibre del conductor		185 mm ²	6No.500KCM, AL por fase	2x400KCM, AL por fase		
Seccion del conductor mm ²		185	1.520	405		
Tiempo de disparo (seg)		0,100	0,100	0,150		
Corriente máxima del Conductor (KA)		54,4	447,0	97,3		
Capacidad nominal (A) de conductor		240	1.860	1.620		
Capacidad Calculada (A)		240	1.860	1.620		
Intensidad de cortocircuito de la red (KA), informado por CODENSA, y calculado (en B.T.)		4,86	29,64	29,64		
Intensidad de Cortocircuito Admisible (A)	Duracion del cortocircuito (s)	0,10	54,41	447,05	357,64	
		0,20	38,47	316,11	252,89	
		0,30	31,41	258,10	206,48	
		0,50	24,33	199,93	159,94	
		1,00	17,21	141,37	113,10	
		1,50	14,05	115,43	92,34	
		2,00	12,17	99,96	79,97	
		2,50	10,88	89,41	71,53	
3,00	9,93	81,62	65,30			
Para las corriente de cortocircuito de la red externa e internas y calibres de los conductores seleccionados Cumplen? /No cumplen ?		Para T disparo <3 segundos.	Cumplen Requisitos	Cumplen Requisitos	Cumplen Requisitos	

L.CÁLCULO MECÁNICO DE ESTRUCTURAS Y DE ELEMENTOS DE SUJECIÓN DE EQUIPOS.

El punto de arranque es una estructura normalizada, LA228, según normas CODENSA.

M. CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTES. EN BAJA TENSIÓN SE PERMITE LA COORDINACIÓN CON LAS CARACTERÍSTICAS DE LIMITACIÓN DE CORRIENTE DE LOS DISPOSITIVOS SEGÚN IEC 60947-2 ANEXO A.

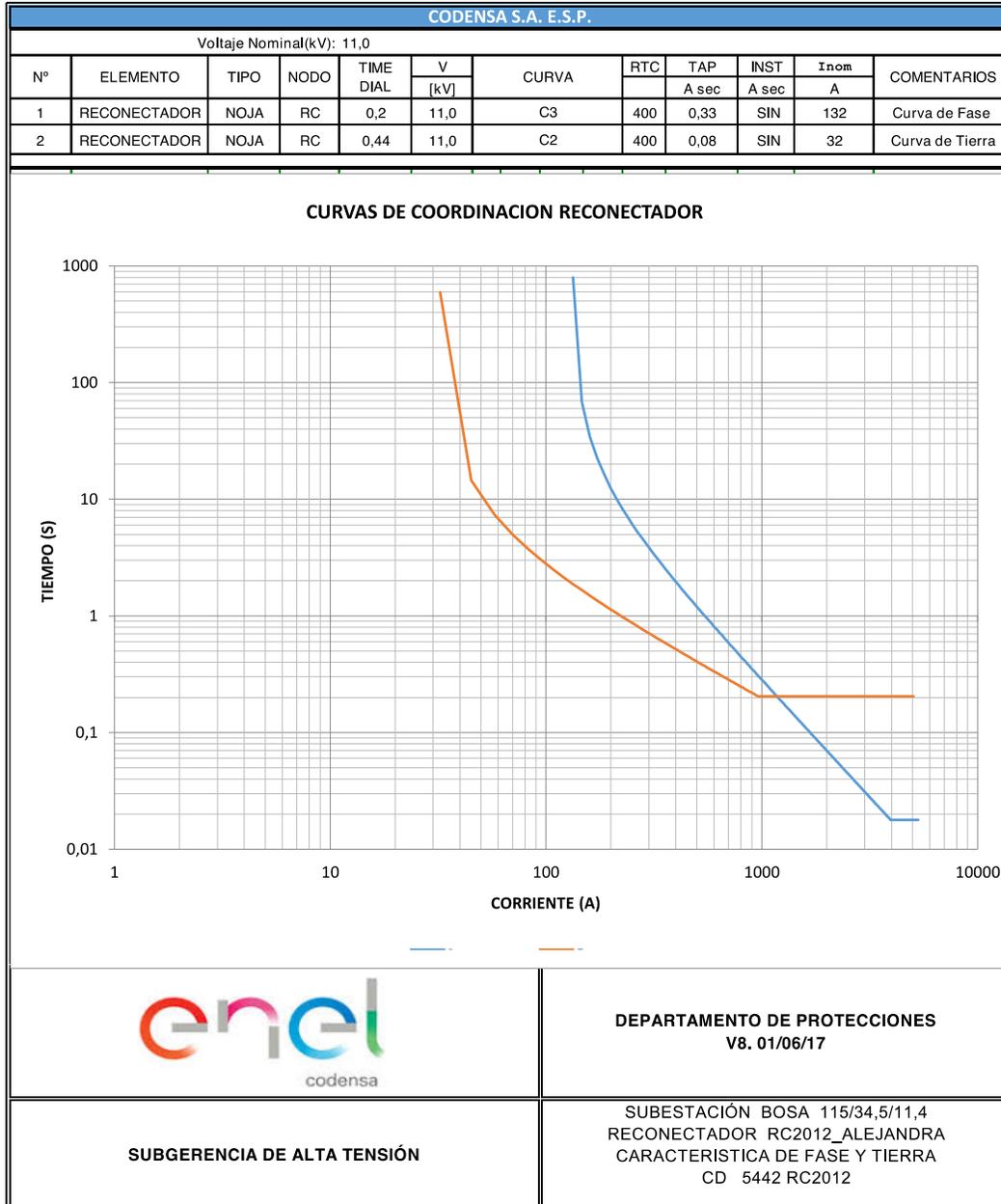
Se construirán 2 acometidas independientes: Una para la bomba contraincendios y otra para el resto de las cargas, que se conectan al Tablero General de Distribución TGD

Para el tablero general de distribución se tiene una carga máxima de 500 KVA con una $I_n=1.387,9A$, aplicando un factor de seguridad de 25% tendremos una corriente $1.25 \times I_n=1.735$ A

La protección comercial para esa corriente será de $3 \times 1.735A$, regulable. La curva de un

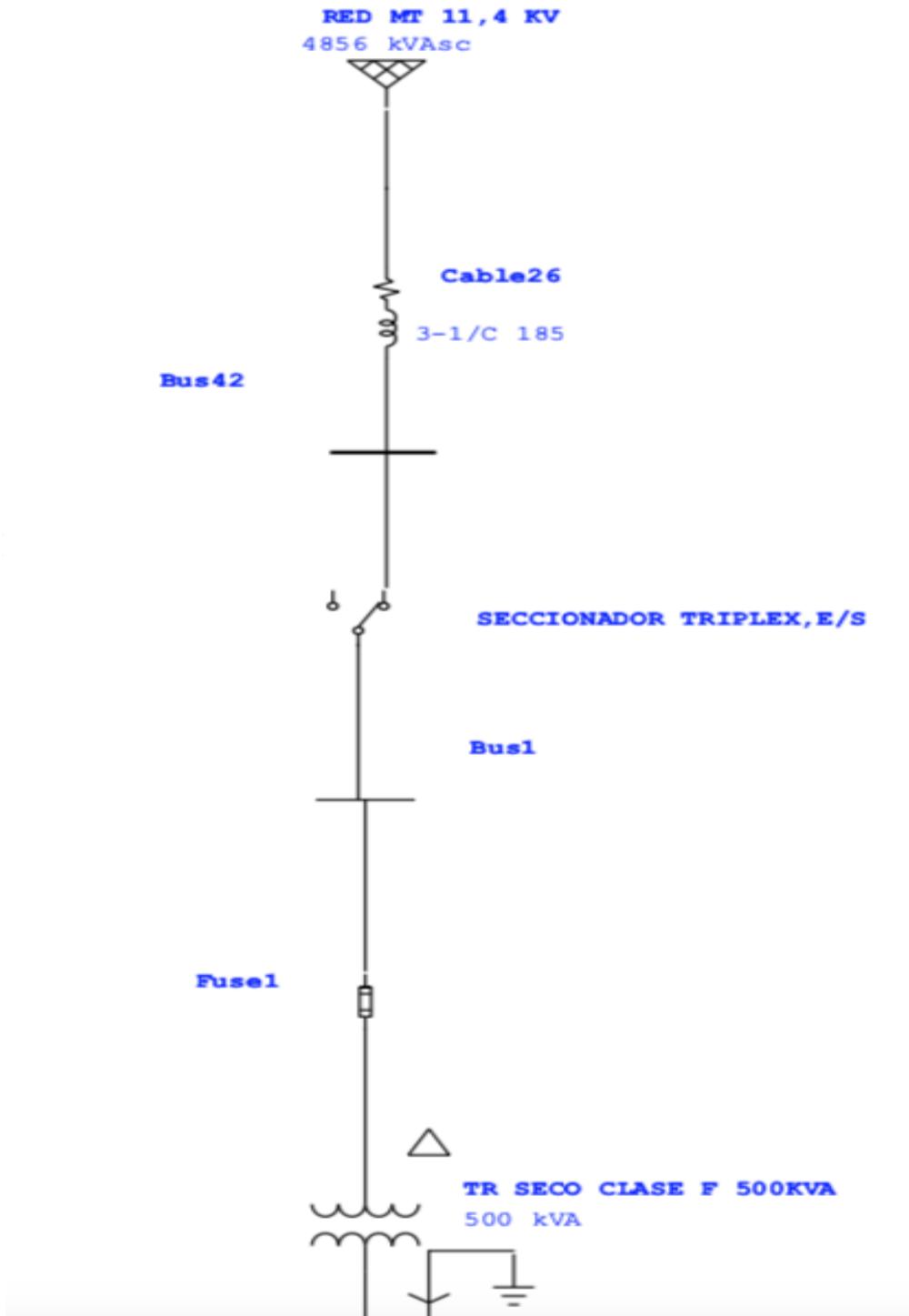
interruptor termomagnético seleccionado para un rango de 500 a 2000 A, por BT para ese circuito, cual cumple la coordinación como indica la gráfica adjunta; puede observarse que la protección es la primera en disparar ante un corto circuito ocurrido en la red de BT.

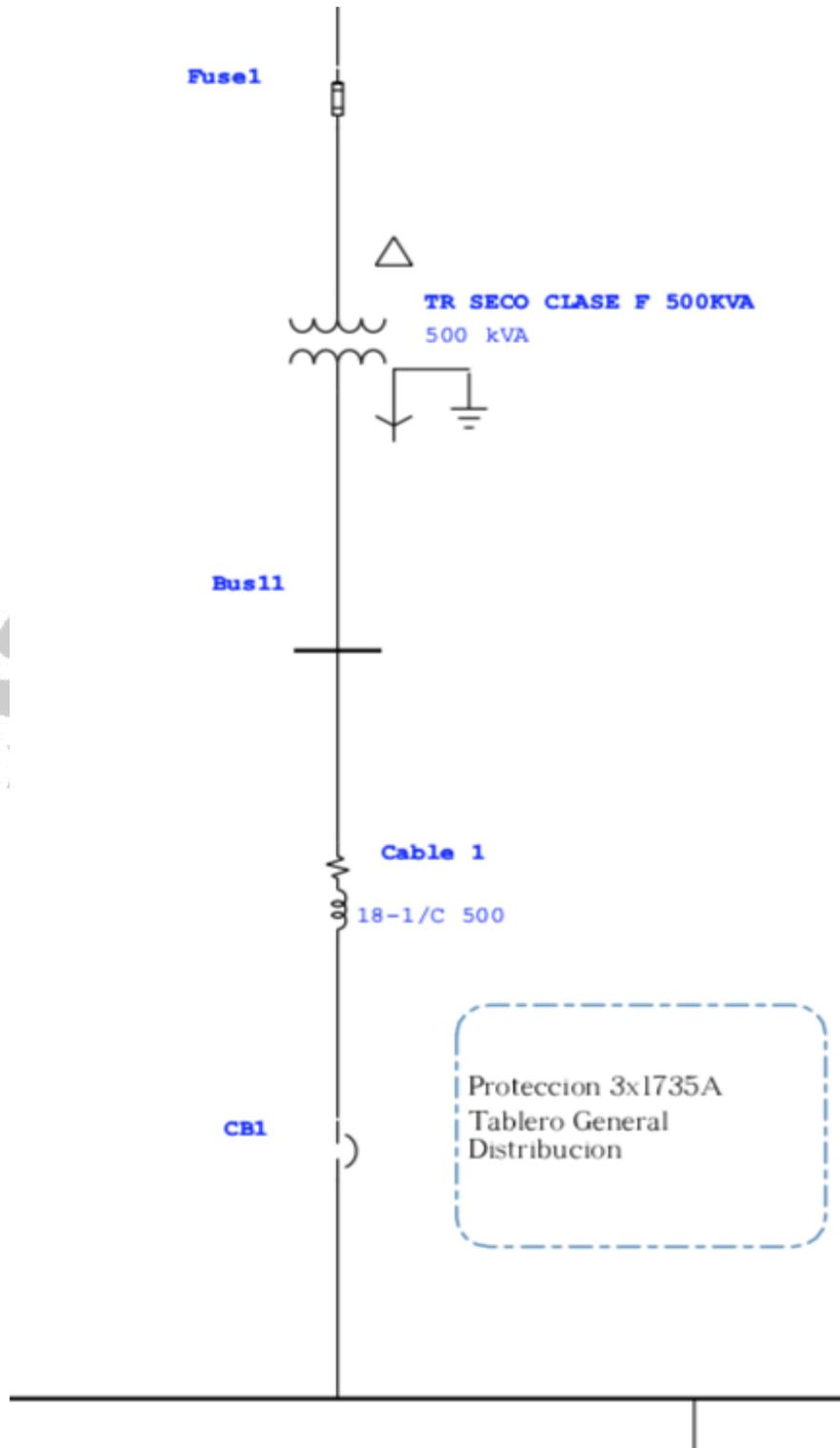
CODENSA SA ESP																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">CORRIENTES SIMETRICAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Corriente trifásica</td> <td>4856</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>Corriente bifásica</td> <td>4205</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>Corriente monofásica</td> <td>2612</td> <td>A</td> </tr> </tbody> </table>			CORRIENTES SIMETRICAS			Corriente trifásica	4856	A	Corriente bifásica	4205	A	Corriente monofásica	2612	A	<p>NOTA: las corrientes simetricas sirven para el estudio de coordinación de protección</p>																																	
CORRIENTES SIMETRICAS																																																
Corriente trifásica	4856	A																																														
Corriente bifásica	4205	A																																														
Corriente monofásica	2612	A																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">CORRIENTES ASIMETRICAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Corriente trifásica</td> <td>6489</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>Corriente bifásica</td> <td>5619</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>Corriente monofásica</td> <td>3490</td> <td>A</td> </tr> </tbody> </table>			CORRIENTES ASIMETRICAS			Corriente trifásica	6489	A	Corriente bifásica	5619	A	Corriente monofásica	3490	A	<p>NOTA: las corrientes asimetricas sirven para el diseño de la puesta a tierra</p>																																	
CORRIENTES ASIMETRICAS																																																
Corriente trifásica	6489	A																																														
Corriente bifásica	5619	A																																														
Corriente monofásica	3490	A																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">RELACIÓN X/R</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X(+)/R(+)</td> <td>2,6817</td> <td></td> </tr> <tr> <td>X(0)/R(0)</td> <td>6,3942</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			RELACIÓN X/R			X(+)/R(+)	2,6817		X(0)/R(0)	6,3942																																						
RELACIÓN X/R																																																
X(+)/R(+)	2,6817																																															
X(0)/R(0)	6,3942																																															
<p>TABLA DE AJUSTE DE PROTECCIONES DE : RECONECTADOR RC2012 ALEJANDRA</p>																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">SUBESTACIÓN</th> <th colspan="4">BOSA</th> </tr> <tr> <th>PROTECCION</th> <th>RCT'S</th> <th>MARCA</th> <th>CARACTERÍSTICA</th> <th>TAP</th> <th>TIME DIAL</th> <th>INSTANTÁNEO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>FASE</td> <td>400</td> <td>NOJA</td> <td>EXTREMELY INVERSE-C3</td> <td>0,330</td> <td>0,2</td> <td>SIN</td> </tr> <tr> <td>TIERRA</td> <td>400</td> <td>NOJA</td> <td>VERY INVERSE-C2</td> <td>0,080</td> <td>0,44</td> <td>SIN</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			SUBESTACIÓN			BOSA				PROTECCION	RCT'S	MARCA	CARACTERÍSTICA	TAP	TIME DIAL	INSTANTÁNEO	FASE	400	NOJA	EXTREMELY INVERSE-C3	0,330	0,2	SIN	TIERRA	400	NOJA	VERY INVERSE-C2	0,080	0,44	SIN																		
SUBESTACIÓN			BOSA																																													
PROTECCION	RCT'S	MARCA	CARACTERÍSTICA	TAP	TIME DIAL	INSTANTÁNEO																																										
FASE	400	NOJA	EXTREMELY INVERSE-C3	0,330	0,2	SIN																																										
TIERRA	400	NOJA	VERY INVERSE-C2	0,080	0,44	SIN																																										
			<p>DEPARTAMENTO DE PROTECCIONES V9. 29/05/19</p>																																													
<p>SUBGERENCIA DE ALTA TENSIÓN</p>			<p>SUBESTACION BOSA 115/34,5/11,4 RECONECTADOR RC2012 ALEJANDRA CD 5442 RC2012 Características de Fase y Tierra</p>																																													

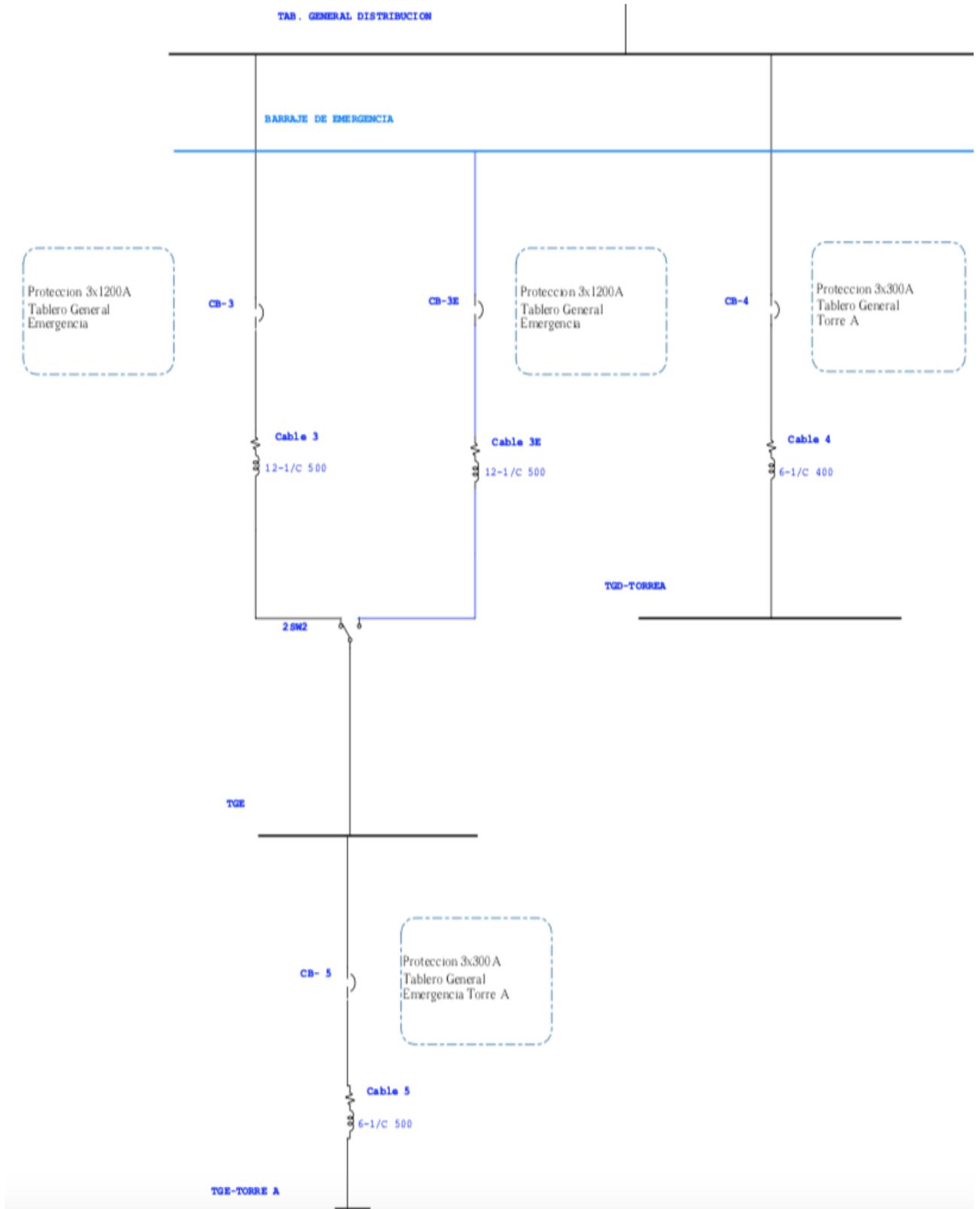


ESTUDIO DE COORDINACION DE PROTECCION.

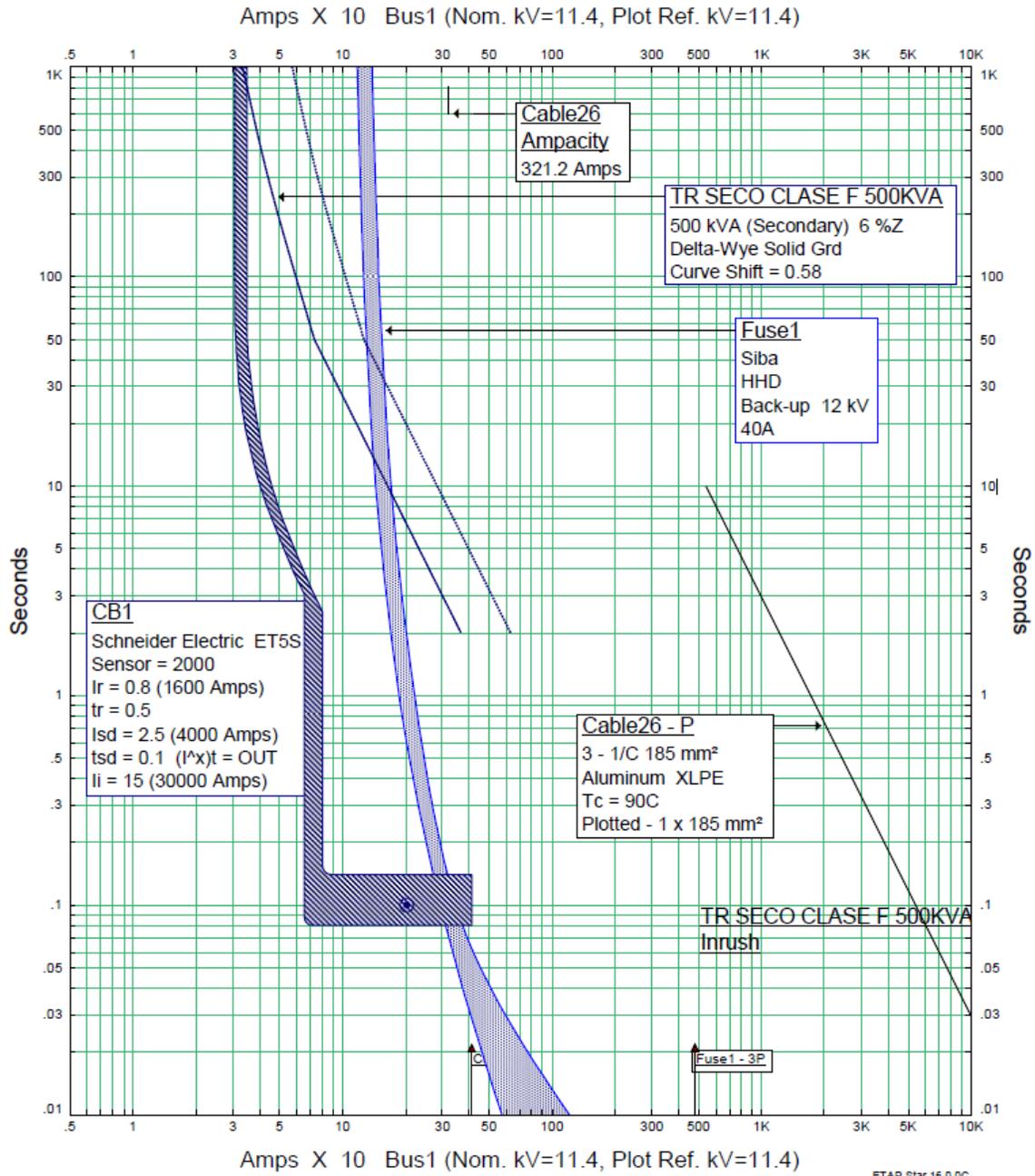
Diagrama Unifilar.



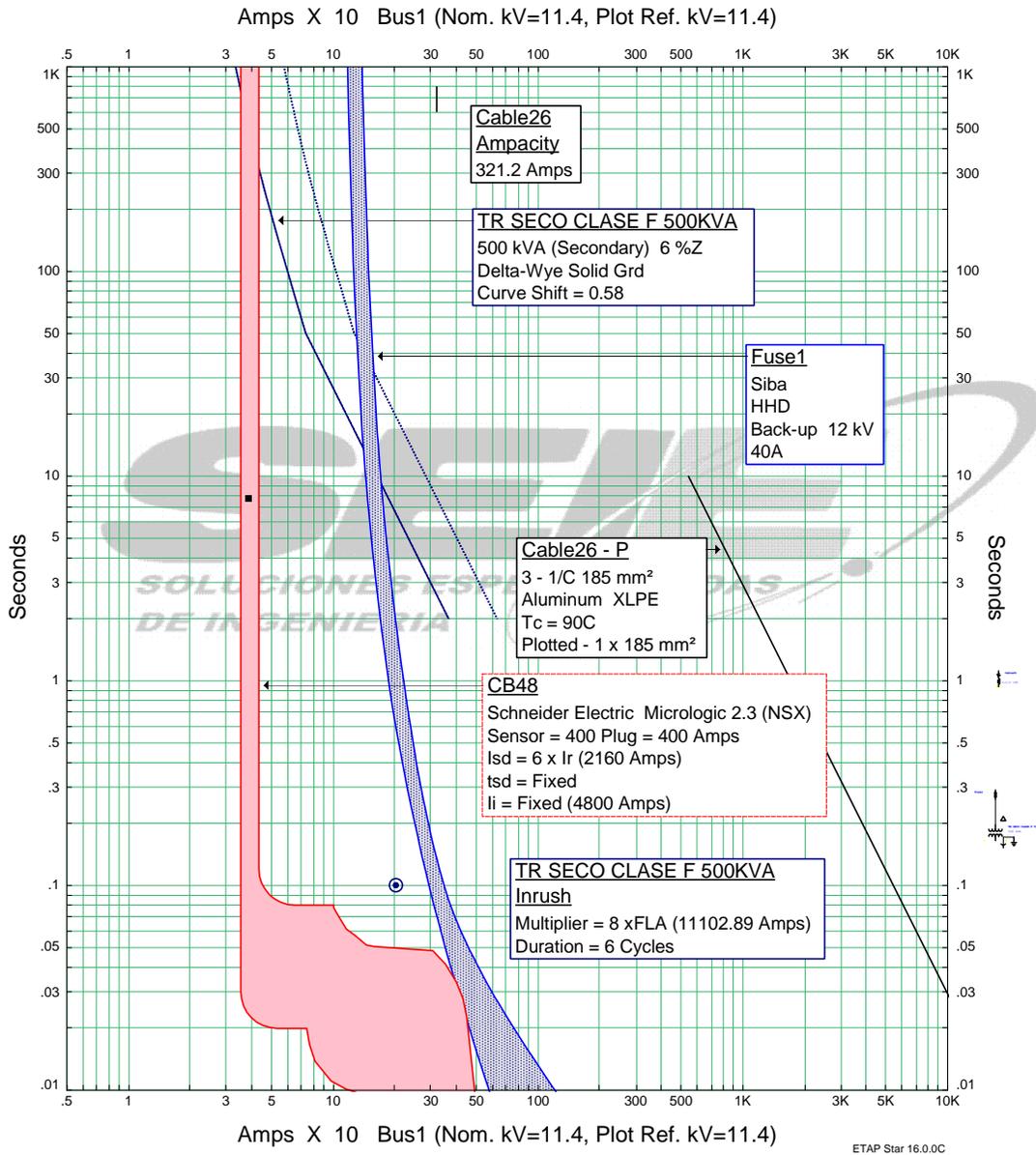




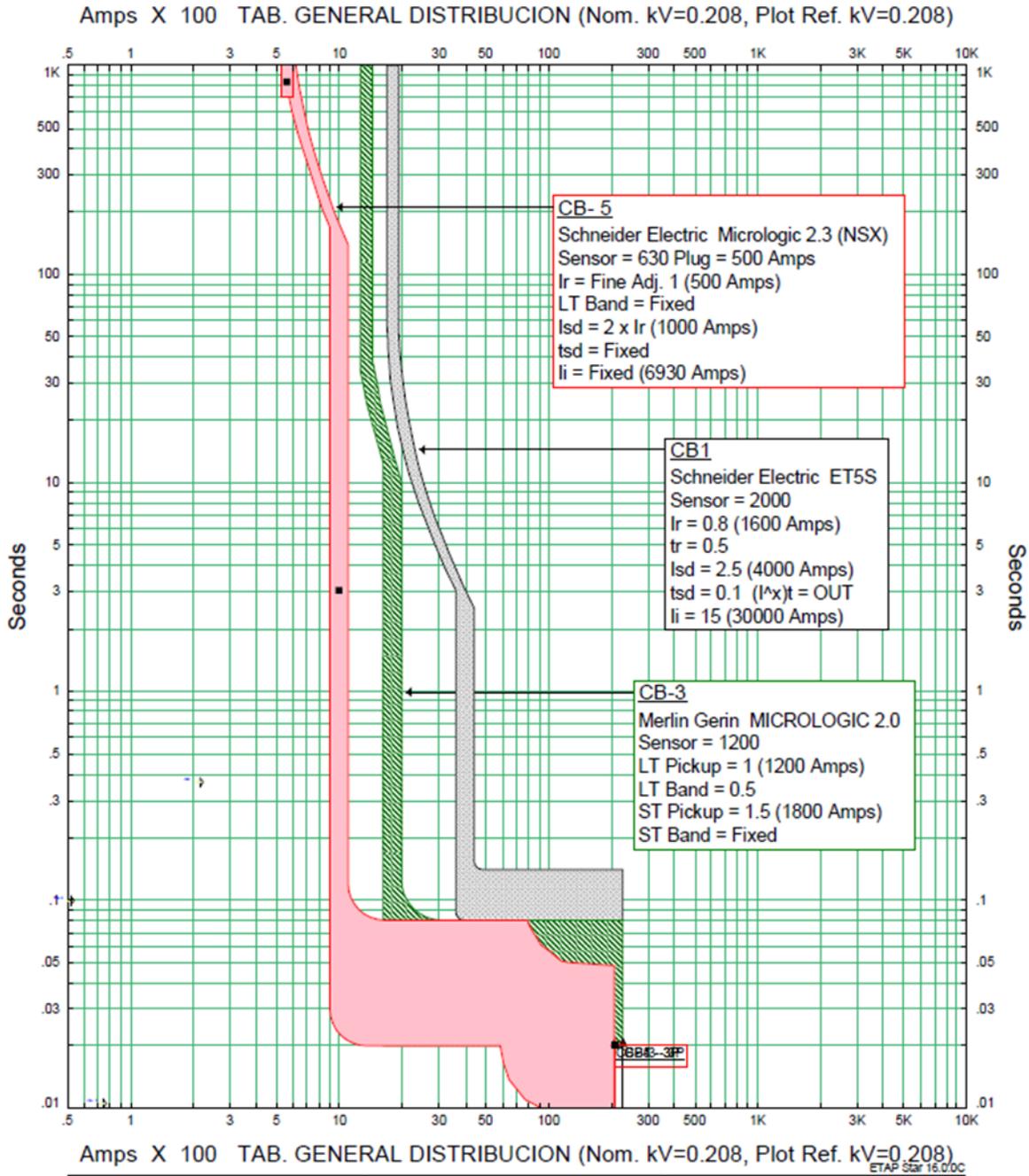
Coordinación de Cable monopolar XLPE-15, No. 185 mm² con Curva de daño de TR Seco de 500 KVA, Fusible de seccionador (Fuse 1), y Breaker totalizador (CB1) de 3x1600 A del Tablero general de Distribución (TGD).



Coordinación de Cable monopolar XLPE-15, No. 185 mm² con Curva de daño de TR Seco de 500 KVA, Fusible de seccionador (Fuse 1), y Breaker totalizador (CB48) de 3x400 A , solo magnético del Tablero RCI (TE-RCI).



Coordinación de Breaker totalizador (CB1) de 3x1600 A del Tablero general de Distribución (TGD) con Breaker de Tablero general de Emergencia 3x1200A (CB-3) y Breaker del Tablero de Distribución General torre A de 3x500A (CB-5)



N. CÁLCULOS DE CANALIZACIONES (TUBO, DUCTOS, CANALETAS Y ELECTRODUCTOS) Y VOLUMEN DE ENCERRAMIENTOS (CAJAS, TABLEROS, CONDULETAS, ETC.).

CÁLCULOS DE DUCTOS, (TUBERÍAS, CANALIZACIONES, CANALETAS, BLINDOBARRAS).

La capacidad de los ductos que contienen conductores eléctricos se calcularon teniendo en cuenta la capacidad de llenado del 40% como lo especifica la norma NTC"2050.

Para este caso se toma como base la TABLA 9 de la norma NTC-2050 y las normas CODENSA ara redes subterráneas en B.T.

Para la acometida en MT, subterránea se utiliza un banco de ductos de 6Ø6" PVC, según Norma Codensa CS212, para la canalización exterior, y un banco de ductos de 4Ø6" PVC, según norma Codensa CS217, para la canalización en el sótano.

El porcentaje de ocupación del ducto se visualiza como sigue:

CANALIZACIONES EN MT:

Ocupacion de ductos							
N°	Calibre	Cable Monopolar Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2	
1	185mm	15 KV 100%	3	30,00	706,86	2120,58	
2	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0				
3	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0				
4	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0				
5	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0				
						Area Total	2120,58 mm2
Tipo de Ducto: <input type="text" value="Tubo de PVC, Tipo EB"/>							
Diametro: <input type="text" value="6"/> Pulgadas							
						Diametro**	160,9 mm
						Area Total	20333,02 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación		10,43%

Tener en cuenta todas las observaciones en la forma AE-203, para redes subterráneas, para la construcción de las canalizaciones

CANALIZACIONES EN B.T.

La canalización para la acometida del sistema RCI (Red contra Incendio) será subterránea, con 2 conductores por fase (2 circuitos paralelos) por tuberías separadas así: 2x(3No. 400 kcm + 1No.2 AWG T) para la acometida que viene de Codensa. Igual para la acometida que viene de planta.

Se dispondrán de 1Φ4" PVC para cada circuito 1x(3No. 400 kcm + 1No.2 AWG T) e incluye un ducto adicional de reserva.

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	400	THHN/THWN 600 V	3	21,50	363,05	1089,15
2	2	TW 600 V	1	10,46	85,93	85,93
3	12	TTU 75 600 V	0			
4	12	TTU 75 600 V	0			
5	12	TTU 75 600 V	0			
Area Total						1175,08 mm2
Tipo de Ducto: <input type="text" value="Tubo de PVC, Tipo EB"/>						
Diametro: <input type="text" value="4"/> Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado					Diametro**	108,9 mm
3 "					Area Total	9314,20 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación	12,62%

La canalización para la acometida del Tablero General de Distribución -TGD- que viene desde bornes del transformador, pasando por el tablero de medición AE319, será subterránea, por bandeja en cárcamo y un tramo de 0,4m por tubería (pasacables); la acometida la constituyen 6 conductores por fase (6 circuitos paralelos) así: 6x(3No. 500kcm+1No. 500 kcm +1No.2AWGT), Aluminio, para la acometida que viene de Codensa. Ya que TGD es un tablero de doble barraje, también tiene una acometida por bandeja que viene desde planta de emergencia así: 5x(3No. 500kcm+1No. 500 kcm +1No.2AWG T), Aluminio.

Se dispondrán de un ducto 1Φ4" PVC para cada circuito 1x(3No. 500kcm+1No. 500 kcm +1No.2AWG T), Aluminio.

Ocupacion de ductos							
Cable Monopolar							
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2	
500	▼	THHN/THWN 600 V	▼	4	23,70	441,15	1764,60
2	▼	TW 600 V	▼	1	10,46	85,93	85,93
12	▼	TTU 75 600 V	▼	0			
12	▼	TTU 75 600 V	▼	0			
12	▼	TTU 75 600 V	▼	0			
Area Total						1850,53	mm2
Tipo de Ducto: Tubo de PVC, Tipo EB ▼							
Diametro: 4 ▼ Pulgadas							
Diámetro mínimo recomendado 3 "				Diametro** 108,9 mm			
Area Total						9314,20	mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación		19,87%

En el cárcamo que esta debajo de los tableros TGD, TGE y AE19 van las siguientes acometidas, soportadas en bandeja sin tapar:
6x(3No. 500kcm+1No. 500 kcm +1No.2AWGT) o 5x(3No. 500kcm+1No. 500 kcm +1No.2AWGT), en Aluminio.

Con algun cable instalado entre 1/0 y 4/0								
Cantidad	Tipo de Conductor		Calibre	Diam. (mm)	Area (mm2)	Area Total (mm2)	Ancho Requerido (cm)	
24	THHN/THWN 600 V	▼	500	▼	23,70	441,15	10587,61	56,88
0	THHN/THWN 600 V	▼	350	▼	20,40	326,85	0,00	0
6	THHN/THWN 600 V	▼	2	▼	9,65	73,14	438,83	5,79
0	THHN/THWN 600 V	▼	1/0	▼	12,20	116,90	0,00	0
0	THHN/THWN 600 V	▼	1/0	▼	12,20	116,90	0,00	0
392-10(a) (4) NEC 2008						Ancho de conductores		62,67
Fuente: Aralven						0% Reserva:		0,00
						Ancho total de Bandeja (cm)		62,67

La bandeja seleccionada es de 60x10cm, separación de peldaños de 30 cm instalada en un cárcamo de 65x50cm (Ancho x Profundo).

La canalización para la acometida del Tablero General de Distribución de Torre A, TGD-Torre A, que viene desde TGD, pasando por tubería y bandeja desde el edificio B al Edificio A, será subterránea, por tubería en un primer tramo y luego en bandeja elevada; la acometida la constituyen 2 conductores por fase (2 circuitos paralelos) así: 2x(3No. 400kcm+1No. 400 kcm +1No.2AWGT), Aluminio, para la acometida.

Se dispondrá de un ducto 1Φ4" PVC para cada circuito 1x(3No. 400kcm+1No. 400 kcm +1No.2AWG T), Aluminio. Es decir 2Φ4" PVC para la acometida.

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	400	THHN/THWN 600 V	3	21,50	363,05	1089,15
2	2	TW 600 V	1	10,46	85,93	85,93
3	12	TTU 75 600 V	0			
4	12	TTU 75 600 V	0			
5	12	TTU 75 600 V	0			
Area Total						1175,08 mm2
Tipo de Ducto: <input type="text" value="Tubo de PVC, Tipo EB"/>						
Diametro: <input type="text" value="4"/> Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado 3 "						
Area Total						108,9 mm
Area Total						9314,20 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación	
					12,62%	

La canalización para la acometida del Tablero General de Emergencia de Torre A, TGE-Torre A, que viene desde TGE, pasando por tubería y bandeja desde el edificio B al Edificio A, será subterránea, por tubería en un primer tramo y luego en bandeja elevada; la acometida la constituyen 2 conductores por fase (2 circuitos paralelos) así: 2x(3No. 500kcm+1No. 500 kcm +1No.2AWGT), Aluminio, para la acometida.

Se dispondrá de un ducto 1Φ4" PVC para cada circuito 1x(3No. 500kcm+1No. 500 kcm +1No.2AWG T), Aluminio. Es decir 2Φ4" PVC para la acometida.

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
500	▼	THHN/THWN 600 V ▼	4	23,70	441,15	1764,60
2	▼	TW 600 V ▼	1	10,46	85,93	85,93
12	▼	TTU 75 600 V ▼	0			
12	▼	TTU 75 600 V ▼	0			
12	▼	TTU 75 600 V ▼	0			
					Area Total	1850,53 mm2
Tipo de Ducto: Tubo de PVC, Tipo EB ▼						
Diametro: 4 ▼ Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado 3 "				Diametro** 108,9 mm		
					Area Total	9314,20 mm2
			Max. Ocupacion	40,00%	Ocupación	19,87%

Por el tramo en bandeja elevada van las siguientes acometidas:

- 2x(3No. 400kcm+1No. 400 kcm +1No.2AWGT), Aluminio para TGD- Torre A y
- 2x(3No. 500kcm+1No. 500 kcm +1No.2AWGT), Aluminio para TGE- Torre A

Con algun cable instalado entre 1/0 y 4/0							
Cantidad			Cantidad	Diam. (mm)	Area (mm2)	Area Total (mm2)	Ancho Requerido (cm)
8	THHN/THWN 600 V ▼	▼	500 ▼	23,70	441,15	3529,20	18,96
8	THHN/THWN 600 V ▼	▼	400 ▼	21,50	363,05	2904,40	17,2
4	THHN/THWN 600 V ▼	▼	2 ▼	9,65	73,14	292,55	3,86
0	THHN/THWN 600 V ▼	▼	1/0 ▼	12,20	116,90	0,00	0
0	THHN/THWN 600 V ▼	▼	1/0 ▼	12,20	116,90	0,00	0
392-10(a) (4) NEC 2008						Ancho de conductores	40,02
Fuente: Aralven						20% Reserva:	8,00
						Ancho total de Bandeja (cm)	48,02

La bandeja seleccionada es de 80x10cm, con separación entre peldaños de 10cm y división de la bandeja en 50/30 cm, para la instalación de cable de calibres entre 8, 10 y 12 AWG.

O. CÁLCULOS DE REGULACIÓN.

CONSTANTES DE REGULACION PARA LOS CONDUCTORES USADOS, CABLES POR DUCTO, PARA UN SISTEMA 3Ø, 4 HILOS, 208V/120V, CONDUCTOR MONOPOLAR EN COBRE.

CARACTERÍSTICAS DEL CABLE MONOPOLAR DE COBRE THW

Calibre AWG o Kcmil 	Construcción conductor de fase No. Hilos x Diámetro (mm)	Espesor del Aislamiento de la fase (PVC) (mm)	Diámetro ext. Del conductor (mm)	Peso total del conductor (Kg/Km)	Impedancia a 45°C (1)		Capacidad de Corriente (A) En Ducto -2	Constante regulación [%/ kVA-m] 208/120 V 3f, 4 hilos -1
					R (d.c.) [Ohmios/Km] nominal	XL [Ohmios/Km]		
500	37x2,95	2,41	25,42	2577	0,07776	0,10695	380	0,00027
400	37x2,64	2,41	23,26	2087	0,0972	0,10788	335	0,0003
350	37x2,47	2,41	22,07	1842	0,11108	0,1089	310	0,00034
250	37x2,09	2,41	19,39	1346	0,15551	0,11145	255	0,00043
4/0	19x2,68	2,03	17,42	1131	0,18373	0,11076	230	0,00048
2/0	19x2,13	2,03	14,66	738	0,29215	0,11507	175	0,00071
1/0	19x1,89	2,03	13,49	598	0,36836	0,11758	150	0,00086
2	7x2,47	1,52	10,44	377	0,58578	0,11977	115	0,00131
4	7x1,96	1,52	8,92	249	0,93144	0,12524	85	0,00201
6	7x1,56	1,52	7,7	167	1,4812	0,13173	65	0,00312
8	7x1,23	1,14	5,98	104	2,35448	0,13908	50	0,00492

Notas:

(1) Temperatura del conductor 45°C.

(2) Temperatura ambiente 30°C; un (1) subterráneo; RHO 120; factor de carga 100%, temperatura nominal del conductor 75°C.

CONSTANTES DE REGULACION PARA LOS CONDUCTORES USADOS, CABLES POR DUCTOS, PARA UN SISTEMA 3Ø, 4 HILOS, 208V/120V, CONDUCTOR MONOPOLAR EN ALUMINIO

DIVISIÓN INGENIERÍA Y OBRAS Departamento de Normas Técnicas

CODENSA		CONSTANTES DE REGULACIÓN								
TIPO	APLIC	CALIBRE	R equiv	XL	k de regulación	In, Subt.	Tensión servicio	Material	SISTEMA	CONDUCTOR
		[AWG ó kcmil]	[Ω/ Km]	[Ω/ Km]	[% / kVA-m]	[A]	[V]			
Conductor Monopolar THW	Red de B.T. subterránea en ductos para AP	500	0,12777	0,08797	3,54416E-04	310	208/120	ALUMINIO	3Ø, 4 hilos	
		400	0,15971	0,08983	4,22537E-04	270	208/120	ALUMINIO	3Ø, 4 hilos	
		350	0,18252	0,09071	4,71071E-04	250	208/120	ALUMINIO	3Ø, 4 hilos	
		250	0,25552	0,09385	6,25904E-04	205	208/120	ALUMINIO	3Ø, 4 hilos	
		4/0	0,30190	0,09311	7,21834E-04	180	208/120	ALUMINIO	3Ø, 4 hilos	
		2/0	0,48005	0,09754	1,09990E-03	135	208/120	ALUMINIO	3Ø, 4 hilos	
		1/0	0,60527	0,10005	1,35991E-03	120	208/120	ALUMINIO	3Ø, 4 hilos	
		1	0,78326	0,10230	1,66083E-03	100	208/120	ALUMINIO	3Ø, 4 hilos	
		2	0,96252	0,10230	2,10535E-03	90	208/120	ALUMINIO	3Ø, 4 hilos	
		4	1,53048	0,10783	3,29242E-03	65	208/120	ALUMINIO	3Ø, 4 hilos	
		6	2,43381	0,11421	5,17800E-03	50	208/120	ALUMINIO	3Ø, 4 hilos	
		8	3,86873	0,12162	8,17047E-03	40	208/120	ALUMINIO	3Ø, 4 hilos	

CONSTANTES DE REGULACION PARA LOS CONDUCTORES USADOS, CABLE POR DUCTO, PARA UN SISTEMA 3Ø, 3 HILOS, 11400V, CONDUCTOR TRIPLEX M.T, AISL 15KV, 133%, ALUMINIO

CONSTANTES ELÉCTRICAS CONDUCTOR DE ALUMINIO							
TIPO	Calibre	Resistencia 45 °C máx. fase	k de regulación (3)	I. Subt. (4)	Tensión servicio	Material	SISTEMA
	mm ²	ohm/ km	%/ kVA-m	A	V		
Conductor Triplex de 15kV	240	0,138	1,37E-07	230	11400	Aluminio	3f, 3 hilos
	185	0,181	1,68E-07	190	11400	Aluminio	3f, 3 hilos
	120	0,278	2,39E-07	160	11400	Aluminio	3f, 3 hilos
	70	0,488	3,88E-07	115	11400	Aluminio	3f, 3 hilos
Conductor Triplex de 34,5 kV	240	0,138	1,54E-08	230	34500	Aluminio	3f, 3 hilos
	185	0,181	1,89E-08	190	34500	Aluminio	3f, 3 hilos

Tabla 9. Constantes Eléctricas Conductor de Aluminio

CALCULO DE REGULACIÓN Y PERDIDAS EN M.T.

A continuación, calculamos la acometida y la regulación para el conductor seleccionado en M.T. desde el punto de CONEXIÓN de CODENSA hasta el transformador de 500 KVA en un tramo de 133m RED SUBTERRANEA.

REGULACION Y PERDIDAS EN MT:

PROYECTO COLEGIO BOITA													
MEMORIAS DE CALCULOS													
CALCULO DE REGULACION DE ACOMETIDA EN MEDIA TENSION Y PERDIDAS													
DESDE	HASTA	CARGA TOTAL DEMANDADA (KVA)	CORRIENTE NOMINAL (A)	LONGITUD TRAMO (ML)	MOMENTO ELECTRICO (KVA-ML)	TIPO DE SISTEMA	CALIBRE	CONDUCTORES ACOMETIDA	Kx10 ⁻⁷	% REG. PARCIAL	% REG. TOTAL	R(D-KM)	PERDIDAS (W)
TRANSFORMADOR T1 DE 500 KVA													
PUNTO DE CONEXIÓN DE CODENSA	TRANSFORMADOR DE 500 KVA	500,0	25,3	133,00	66.500	3F, 3 HILOS, 11.400V, CONDUCTOR TRIPLEX, M.T., AISLADO 15 KV, POR DUCTO, ALUMINIO	185 mm ²	3x185 mm ² , Al XLPE.	1,680	0,01	0,01	0,181	116,1

CALCULO DE REGULACION EN B.T.

CALCULO DE REGULACION DE ACOMETIDA, ALIMENTADORES, RAMALES SECUNDARIOS												
DESDE	HASTA	CARGA TOTAL DEMANDADA (KVA)	CORRIENTE NOMINAL (A)	CORRIENTE DE FASE (A) ó Im (l rotor bloqueado)	LONGITUD TRAMO (ML)	MOMENTO ELECTRICO (KVA-ML)	TIPO DE SISTEMA	CALIBRE	CONDUCTORES ACOMETIDA X REGULACION (HFFR LS)	Kx10 ⁻³	% REG. PARCIAL	% REG. TOTAL
TRANSFORMADOR T1 DE 500 KVA												
T1	TGD	500,0	1.387,9	1.734,83	13,00	6.500	3F-4H; 120/208 V 3F-3H; 208 V	No.500 MCM CU	5X(3No.500KCM+1No.500 KCM+1No.2AWG T), Cu	0,0540	0,35	0,35
T1	TGD	500,0	1.387,9	1.734,83	13,00	6.500	3F-4H; 120/208 V 3F-3H; 208 V	No.500 MCM AL	6X(3No.500KCM+1No.500 KCM+1No.2AWG T), AL	0,0591	0,38	0,38
T1	TE-BOMBAS C.I.	127,4	353,6	Im = 2.400 A	47,00	5.987	3F-4H; 120/208 V 3F-3H; 208 V	No.500 MCM CU	3No.500KCM+1No.2 AWG T Cu	0,2700	1,62	1,62
T1	TE-BOMBAS C.I.	127,4	353,6	Im = 2.400 A	47,00	5.987	3F-4H; 120/208 V 3F-3H; 208 V	2 No.400MCM /fase AL	2x(3No.400KCM+1No.2 AWG T), AL	0,2113	1,26	1,26
PLANTA DE EMERGENCIA												
PLANTA DE EMERGENCIA	TGD	330,0	916,0	1.053,39	16,00	5.280	3F-4H; 120/208 V 3F-3H; 208 V	4 No.500MCM /fase CU	4X(3No.500KCM+1No.500 KCM+1No.2 AWG T), Cu	0,0675	0,36	0,36
PLANTA DE EMERGENCIA	TGD	330,0	916,0	1.053,39	16,00	5.280	3F-4H; 120/208 V 3F-3H; 208 V	No.500 MCM AL	5X(3No.500KCM+1No.500 KCM+1No.2AWG T), AL	0,0709	0,37	0,37
TGD												
TGD	TGD- TORRE A	97,0	269,1	281,18	111,00	10.762	3F-4H; 120/208 V 3F-3H; 208 V	No.350 MCM CU	2X(3No.350KCM+1No.350KCM N+1No.4AWG T), Cu	0,1700	1,83	2,18
TGD	TGD- TORRE A	97,0	269,1	281,18	111,00	10.762	3F-4H; 120/208 V 3F-3H; 208 V	2 No.400MCM /fase AL	2X(3No.400KCM+1No.400 KCM+1No.2AWG T), AL	0,2113	2,27	2,27
TGD												
TGD	TGD DE EMERGENCIA	319,8	887,6	917,93	8,00	2.558	3F-4H; 120/208 V 3F-3H; 208 V	3 No.500MCM /fase CU	3x(3No.500KCM+1No.500 KCM N+1No.10AWG T); Cu	0,0900	0,23	0,58
TGD	TGD DE EMERGENCIA	319,8	887,6	917,93	8,00	2.558	3F-4H; 120/208 V 3F-3H; 208 V	No.500 MCM AL	4x(3No.500KCM+1No.500 KCM N+1No.10AWG T); Al	0,0886	0,23	0,58
TGE												
TGE	TGE- TORRE A	115,1	319,4	332,07	87,00	10.012	3F-4H; 120/208 V 3F-3H; 208 V	No.350 MCM CU	2x(3No.350KCM+1No.350KCM+1No.2AWG T), Cu	0,1700	1,70	2,28
TGE	TGE- TORRE A	115,1	319,4	332,07	87,00	10.012	3F-4H; 120/208 V 3F-3H; 208 V	2 No.500MCM /fase AL	2x(3No.500KCM+1No.500KCM+1No.2AWG T), AL	0,1772	1,77	2,36

P. CÁLCULOS DE PÉRDIDAS DE ENERGIA

CALCULO DE PERDIDAS DE ENERGIA EN BAJA TENSION									
DESDE	HASTA	CARGA TOTAL DEMANDADA (KVA)	Imax (A)	LONGITUD TRAMO (ML)	TIPO DE SISTEMA	CALIBRE CONDUCTOR DE FASE	CONDUCTORES ACOMETIDA SELECCIONADA POR REGULACION (AWG-HFFR LS)	RESISTENCIA EQUIVALENTE W/km	PERDIDAS ENERGIA (KW-HORA) I ² x R
TRANSFORMADOR TR DE 500 KVA									
TR	TGD	500,0	1.734,8	13,00	3F-4H; 120/208 V 3F-3H; 208 V	5 No.500MCM /fase CU	5X(3No.500KCM+1No.500 KCM+1No.2AWG T), Cu	0,01555	0,608
TR	TGD	500,0	1.734,8	13,00	3F-4H; 120/208 V 3F-3H; 208 V	No.500 MCM AL	6X(3No.500KCM+1No.500 KCM+1No.2AWG T), AL	0,02130	0,833
TR	TE-BOMBAS C.I.	127,4	442,0	47,00	3F-4H; 120/208 V 3F-3H; 208 V	No.500 MCM CU	3No.500KCM+1No.2 AWG T Cu	0,07776	0,714
TR	TE-BOMBAS C.I.	127,4	442,0	47,00	3F-4H; 120/208 V 3F-3H; 208 V	2 No.400MCM /fase AL	2x(3No.400KCM+1No.2 AWG T), AL	0,07986	0,733
PLANTA DE EMERGENCIA	TGD	330,0	916,0	16,00	3F-4H; 120/208 V 3F-3H; 208 V	4 No.500MCM /fase CU	4X(3No.500KCM+1No.500 KCM+1No.2 AWG T), Cu	0,01944	0,261
PLANTA DE EMERGENCIA	TGD	330,0	916,0	16,00	3F-4H; 120/208 V 3F-3H; 208 V	5No.500MCM /fase AL	5X(3No.500KCM+1No.500 KCM+1No.2AWG T), AL	0,02555	0,343
TGD	TGD-TORRE A	97,0	281,2	111,00	3F-4H; 120/208 V 3F-3H; 208 V	2 No.350MCM /fase CU	2X(3No.350KCM+1No.350KCM N+1No.4AWG T), Cu	0,05554	0,487
TGD	TGD-TORRE A	97,0	281,2	111,00	3F-4H; 120/208 V 3F-3H; 208 V	2 No.400MCM /fase AL	2X(3No.400KCM+1No.400 KCM+1No.2AWG T), AL	0,07986	0,701
TGD	TGE DE EMERGENCIA	319,8	917,9	87,00	3F-4H; 120/208 V 3F-3H; 208 V	3 No.500MCM /fase CU	3x(3No.500KCM+1No.500 KCM N+1No.10AWG T); Cu	0,02592	1,900
TGD	TGE DE EMERGENCIA	319,8	917,9	87,00	3F-4H; 120/208 V 3F-3H; 208 V	4No.500MCM /fase AL	4x(3No.500KCM+1No.500 KCM N+1No.10AWG T); Al	0,03194	2,342
TGD	TGE-TORRE A	115,1	332,1	87,00	3F-4H; 120/208 V 3F-3H; 208 V	2 No.350MCM /fase CU	2x(3No.350KCM+1No.350KCM+1No.2AWG T), Cu	0,05554	0,533
TGD	TGE-TORRE A	115,1	332,1	87,00	3F-4H; 120/208 V 3F-3H; 208 V	2 No.500MCM /fase AL	2x(3No.500KCM+1No.500KCM+1No.2AWG T), AL	0,06389	0,613

Q. CLASIFICACIÓN DE ÁREAS.

No aplica para este proyecto

R. ELABORACIÓN DE DIAGRAMAS UNIFILARES.

Ver plano Serie 3 para subestaciones.

S. ELABORACIÓN DE PLANOS Y ESQUEMAS ELÉCTRICOS PARA CONSTRUCCIÓN

Ver planos de detalles adjunto en el plano Serie 3 para subestaciones.

T. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN COMPLEMENTARIAS A LOS PLANOS, INCLUYENDO LAS DE TIPO TÉCNICO DE EQUIPOS Y MATERIALES Y SUS CONDICIONES PARTICULARES.

No aplica a este proyecto

U. ESTABLECER LAS DISTANCIAS DE SEGURIDAD REQUERIDAS.

Para efectos del presente Reglamento y teniendo en cuenta que frente al riesgo eléctrico la técnica más efectiva de prevención, siempre será guardar una distancia respecto a las partes energizadas, puesto que el aire es un excelente aislante, en este apartado se fijan las distancias mínimas que deben guardarse entre líneas eléctricas y elementos físicos existentes a lo largo de su trazado (carreteras, edificios, etc.) con el objeto de evitar contactos accidentales.

Las distancias verticales y horizontales que se presentan en las siguientes tablas, se adoptaron del National Electrical Safety Code, ANSI C2 versión 2002; todas las tensiones dadas en estas tablas son entre fases, para circuitos con neutro puesto a tierra sólidamente y otros circuitos en los que se tenga un tiempo despeje de falla a tierra acorde con el presente Reglamento.

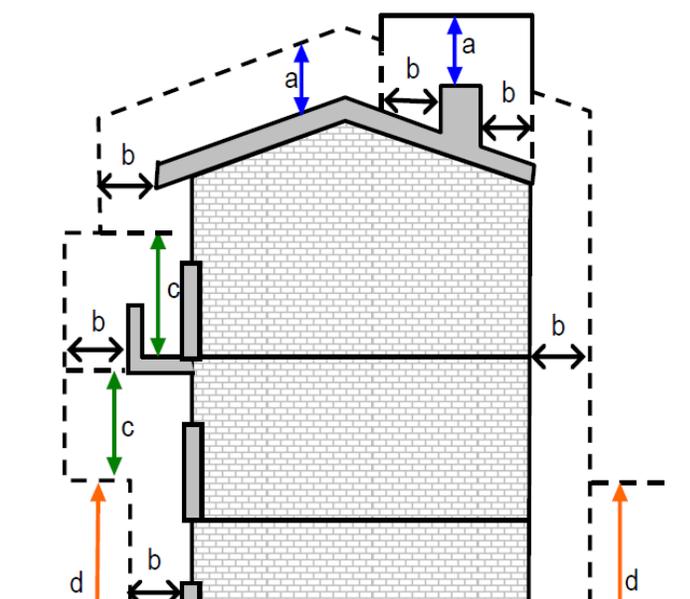
Todas las distancias de seguridad deberán ser medidas de centro a centro y todos los espacios deberán ser medidos de superficie a superficie. Para la medición de distancias de seguridad, los accesorios metálicos normalmente energizados serán considerados como parte de los conductores de línea. Las bases metálicas de los terminales del cable y los dispositivos similares deberán ser tomados como parte de la estructura de soporte. La precisión en los elementos de medida no podrá tener error de más o menos 0,5%

Los conductores denominados cubiertos o semi-aislados y sin pantalla, es decir, con un recubrimiento que no esté certificado para ofrecer el aislamiento en media tensión, deben ser considerados conductores desnudos para efectos de distancias de seguridad, salvo en el

espacio comprendido entre fases del mismo o diferente circuito, que puede ser reducido por debajo de los requerimientos para los conductores expuestos cuando la cubierta del conductor proporciona rigidez dieléctrica para limitar la posibilidad de la ocurrencia de un cortocircuito o de una falla a tierra. Cuando se reduzcan las distancias entre fases, se deben utilizar separadores para mantener el espacio entre ellos.

Distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones.

Las distancias mínimas de seguridad que deben guardar las partes energizadas respecto de las construcciones, serán las establecidas en la Tabla 13.1 del RETIE para su interpretación se debe tener en cuenta la Figura.



Anexo General Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE

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

Tabla 13.1 distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones

Distancias mínimas de aproximación a equipos energizados.

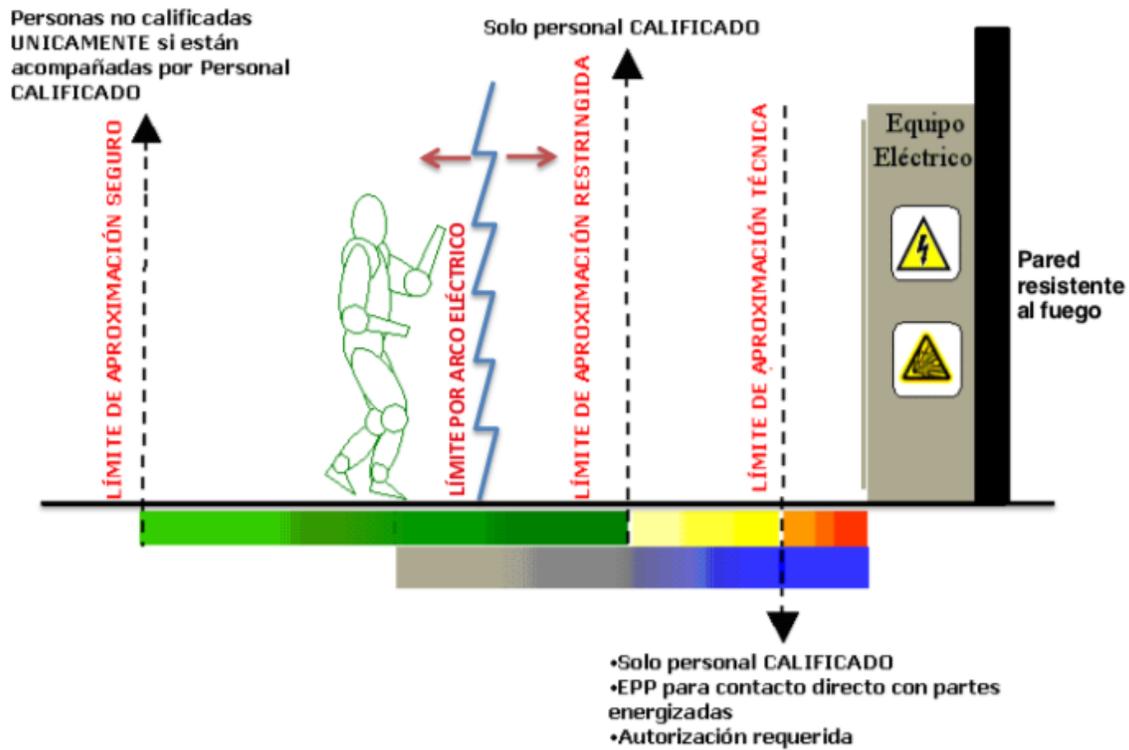


Figura 13.4. Límites de aproximación

Tensión nominal del sistema (fase – fase)	Límite de aproximación seguro [m]		Límite de aproximación restringida (m) Incluye movimientos involuntarios.	Límite de aproximación técnica (m)
	Parte móvil expuesta	Parte fija expuesta		
50 V – 300 V	3,0	1,0	Evitar contacto	Evitar contacto
301 V – 750 V	3,0	1,0	0,30	0,025
751 V – 15 kV	3,0	1,5	0,7	0,2
15,1 kV – 36 kV	3,0	1,8	0,8	0,3
36,1 kV – 46 kV	3,0	2,5	0,8	0,4
46,1 kV - 72,5 kV	3,0	2,5	1,0	0,7
72,6 kV – 121 kV	3,3	2,5	1,0	0,8
138 kV - 145 kV	3,4	3,0	1,2	1,0
161 kV - 169 kV	3,6	3,6	1,3	1,1
230 kV - 242 kV	4,0	4,0	1,7	1,6
345 kV - 362 kV	4,7	4,7	2,8	2,6
500 kV – 550 kV	5,8	5,8	3,6	3,5

Tabla 13.7. Distancias mínimas para trabajos en o cerca de partes energizadas en corriente alterna

Profundidad de los espacios de trabajo en equipos eléctricos.

TABLA 110-34(A) Profundidad Mínima del Espacio Libre de Trabajo en Equipos Eléctricos.

Tensión Nominal a Tierra	Distancia Libre Mínima		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
601-2500 V	900 mm (3 p)	1,2 m (4 p)	1,5 m (5 p)
2501-9000 V	1,2 m (4 p)	1,5 m (5 p)	1,8 m (6 p)
9001-25000 V	1,5 m (5 p)	1,8 m (6 p)	2,8 m (9 p)
2501-75 kV	1,8 m (6 p)	2,5 m (8 p)	3,0 m (10 p)
Sobre 75 kV	2,5 m (8 p)	3,0 m (10p)	3,7 m (12p)

p: pies



ANEXOS

ANEXO 1: CARACTERISTICAS TECNICAS CORRESPONDIENTES A DISEÑO SUBESTACION TIPO SECO, NORMAS CTS-518, CTS 518-2, CTS 519, CTS 519-2, CTS548-1

El diseño debe cumplir todos los requerimientos exigidos en el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE Capítulo VI, artículos 23.3, 23.4, 24.2,

TENSION DE SERVICIO: 11.4 KV

TIPO: Centro de transformación subterráneo con transformador tipo seco, de 500 KVA, tipo comercial, nivel 2, y con equipos de medición y baja tensión, en local.

RED MEDIA TENSION: Tramo en derivación subterráneo de 133 m, en conductor de 3x185mm² XLPE AL 100% para 15KV, desde una Estructura LA204 existente, a transformar en estructura LA-228; incluye la bajante en MT hasta el transformador en sótano, en conductor No. 3x185mm² XLPE AL 100% para 15KV.

DPS

Como protección contra sobretensiones se debe instalar un juego de descargadores de sobretensión tipo de distribución en Bornes del transformador, de 12kV, 10kA óxido metálico, de acuerdo al RETIE.

TRANSFORMADOR :

Trifásico Tipo Seco, Clase F, 11.4KV/208V-120V, en celda según Norma CTS 518-2.

CELDA TRIPLEX : CTS 506-2

Seccionador de maniobras de 3 vías 200 A, compacto, aislamiento en aire, 15 KV.

UBICACIÓN DE EQUIPOS: CTS519-2

La disposición física consiste esencialmente en el ordenamiento de los equipos con base en el espacio mínimo requerido aplicado a los diagramas unifilares presentados en el diseño.

Como no es posible precisar una completa normalización de la disposición física de las subestaciones, debido a que cada subestación representa un problema particular, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

El local para centros de transformación se debe ubicar en un sitio de fácil acceso desde el exterior con el fin de facilitar al personal de la empresa realizar labores de mantenimiento, así como para la movilización de los diferentes equipos que conforman el centro de transformación tipo interior

Para las dimensiones del lugar también deben tenerse en cuenta las características de fabricación de los equipos de maniobra, medida, protección y salida de la subestación.

PUERTA DE ACCESO Y ESPACIOS DE TRABAJO, CTS-548-1

El acceso al local del centro de transformación debe tener un ancho mínimo de 2 metros para permitir la entrada o salida de equipos o celdas, se instalarán puertas de mayor tamaño cuando los equipos superen esta medida.

Todas las puertas de los cuartos eléctricos donde puedan quedar personas atrapadas, en los cuales se alojen transformadores de distribución y equipos de media tensión, deben abrirse hacia afuera y estar dotadas de cerradura antipánico, de fácil y rápida apertura, abrir desde adentro con solo aplicar presión sobre la barra. La fuerza necesaria para abrir la puerta no debe ser superior a 67 N. La barra debe estar situada a una altura comprendida entre 0,75m y 1,15 m.

La puerta de la subestación queda enfrentada a la celda del transformador, dejando una distancia que supera ampliamente los 1,5 mínimos libre desde el frente de la celda hasta el primer obstáculo.

La puerta de la subestación es del tipo plegable, en celosías de 2 hojas, según norma CTS548-1 de 2,0 m de ancho.

PISO, NORMA, CTS-500.

En el sitio donde se ubique el local se fundirá una placa de concreto. En esta placa se dejarán embebidos los pernos de anclaje de las celdas y los rieles de desplazamiento de los transformadores

Esta placa de concreto deberá presentar una superficie perfectamente horizontal a la base de las celdas, o a los equipos.

Para el caso de los centros de transformación de instalación tipo interior en donde el piso es de concreto, y por tanto la resistividad superficial es variable, se hace necesario recubrir el piso una vez instalados los equipos (transformadores y celdas) con baldosas

de aislantes no combustibles, que presenten una resistividad alta con el fin de cumplir las normas de seguridad de las tensiones tolerables de paso y de contacto, el piso del local debe tener un acabado antideslizante.

Cuando se requiera instalar cárcamos o fosos para el aceite, el piso del local deberá tener un nivel superior hasta de 30cms del nivel del piso terminado de la edificación.

CARCAMOS Y POZOS, NORMA CODENSA CTS- 500

Dentro del local del centro de transformación no se deben construir cajas de inspección eléctrica y en su lugar se deben construir cárcamos para los cables eléctricos.

PAREDES Y TECHOS.

Las paredes del local donde se instalen las celdas de distribución o los equipos de maniobra se construirán entabique con ladrillo tolete prensado a la vista o pañetado y pintado por ambas caras.

PUESTAS A TIERRA

La malla a tierra se debe diseñar de acuerdo con la última recomendación de la IEEE 80 del 2000 y también cumplir los exigidos en el reglamento para instalaciones eléctricas RETIE capítulo II, artículo 15 y NTC 2050 art 250. A la malla se conectaran los descargadores de sobretensión, carcasa y neutro de transformadores, partes metálicas no conductoras y malla de encerramiento.

Bajo el área de la subestación se debe instalar una malla de puesta a tierra calculada con el procedimiento mencionado en la norma C - 62924 de la IEEE.

La malla de SPT se debe construir antes de fundir la placa del piso destinado al centro de transformación, debe tener un valor menor a 10Ω .

Para las uniones entre los diferentes segmentos de la malla, se debe hacer uso de uniones soldadas únicamente.

LOS PARAMETROS PARA EL CALCULO DE LA MALLA SON:

VALOR MAX DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA	10 Ω
CORRIENTE MONOFÁSICA ASIMETRICA DE FALLA (KA)	3.490,0 A
TIEMPO MAXIMO DURACION DE LA FALLA (TS)	150 ms,

RESISTIVIDAD DEL TERRENO. NORMA LA-400	54,08 Ω - m.
PROFUNDIDAD DE ENTERRAMIENTO DE LA MALLA	800-mm
RESISTIVIDAD SUPERFICIAL	en C.T. interior el piso es de concreto y por tanto la resistividad superficial es 3000 Ω /m, luego para disminuir las T. paso y de contacto es necesario una vez instalados todos los equipos , instalar baldosas aislantes no propagadoras del fuego que eleven la resistividad a 20000 Ω /m
SELECTIVIDAD DEL CONDUCTOR	se sugiere un calibre mínimo de 2/0 Cu, con el fin de tener mejor la rigidez del conductor
LONGITUD NECESARIA DEL CONDUCTOR	Es necesario calcular las constantes kM Y kI.

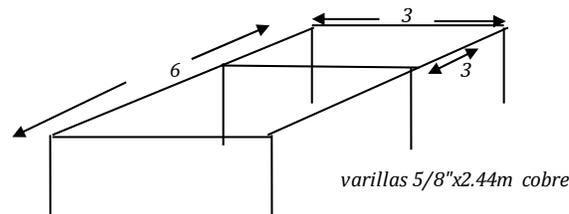
Km, es una constante que tiene en cuenta la cantidad, el espaciamiento, el diámetro y el enterramiento de los conductores de la malla

Ki, es una constante que tiene en cuenta las irregularidades de la corriente desde las diferentes partes de la malla.

Puede disminuirse el valor de la resistencia de la malla mediante la adición de varillas de puesta a tierra. Estas varillas deben instalarse en aquellos sitios de mayor densidad de corriente, tales como la conexión de la tierra de los descargadores de sobretensión, y la conexión del neutro del transformador. Las varillas deben estar espaciadas al doble de su longitud.

La malla calculada tiene las siguientes características:

4. DETERMINACION CONFIGURACION INICIAL



D=	3	Lado de la cuadrícula o espaciamiento entre conductores(m)
L1=	6	Largo de la malla (m)
L2=	3	Ancho de la malla (m)
h=	0,8	profundidad de enterramiento de los conductores (m)
N=	6	Numero de electodos tipo varilla
Lv=	2,4	Longitud del electrodo tipo varilla (m)
Lce=	15	Longitud de las colas para equipotencializacion (m)

5. CALCULO DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

$$R_g = \rho * \left[\frac{1}{L_r} + \frac{1}{\sqrt{20} * A} * \left(1 + \frac{1}{1 + h * \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right] \quad (52)$$

$R_g =$	5,47	Ohm
---------	------	-----

6. CALCULO MAXIMO POTENCIAL DE TIERRA (GPR)

$I_G =$	$1.9 * I_0$	(A)
$I_G =$	6.631,0	A
$GPR = I_G * R_G$		(V)
$GPR =$	36.268,8	V
$V_{contacto} =$	5.090,3	V
$V_{contacto} < GPR$		Tolerable

Para ver cálculos completos de la malla revisar ordinal I.

DESCARGADORES DE SOBRETENSION O DPS:

Cuando los centros de transformación son alimentados por líneas aéreas se debe instalar un juego de descargadores de sobretensiones sobre la línea aérea, pero en el centro de transformación de instalación interior se debe instalar un juego de descargadores adicional en el transformador si el cable subterráneo que conecta el transformador con la línea aérea tiene una longitud igual o mayor a 30 metros.

LAS CARACTERISTICAS DE LOS DESCARGADORES DE SOBRETENSION PARA 11.4KV SON LAS SIGUIENTES:

TIPO DE DESCARGADORES DE SOBRETENSION: OXIDO DE ZINC

TENSION DE SERVICIO	11.4 KV
TENSION NOMINAL (KV)	12 KV
FRECUENCIA	60 HZ
CORRIENTE NOMINAL , ONDA 8/20USEG	10 KA
TENSION DE ENSAYO	30 KV
TENSION ENSAYO AL IMPULSO	60 KV

MEDIDA DEL PROYECTO:

NORMA AE-319 CODENSA PARA EL PROYECTO:

Cálculo de los transformadores de corriente tipo barra pasante, para BT del TR 500 KVA, asociado con una cuenta que mide el consumo del Tablero general de Distribución TGE.

Carga Instalada: 467,66 KVA.

Factor de demanda Global:

Carga Demandada: 345,74 KVA

In= 1.387,9 A

1.2 In= 1.665,5 A

0.8In= 1.110 A

1.2In>ITC'S>0.8In

Medida indirecta con TC'S (1400/5) A

Medidor trifásico: 3X120V/208V, 5 VA

CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS PARA LA MEDIDA NORMA AE-319

7.4.3.2. MEDICIÓN SEMIDIRECTA EN B.T. – CARGAS MAYORES O IGUALES A 55 kW E INFERIORES A 300 kW – NIVEL 1

Las cargas mayores o iguales de 55 kW son medidas con medidores electrónicos que registran activa, reactiva y posean perfil de carga.

Los medidores se conectan a los secundarios de los transformadores de corriente (clase 0.5S o mejor).

Las características de los medidores son las siguientes:

Medidor		Trifásico Tetrafilar
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 417; AE 417-1

Las características mínimas que deben poseer estos medidores son:

- Energía Activa
- Energía Reactiva

7.5.1. TRANSFORMADORES DE CORRIENTE (TC)

Se utilizan varios tipos de transformadores de corriente dependiendo de la **tensión** y de la relación de transformación.

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE			
	Baja Tensión	11,4 kV ó 13,2 kV	34,5 kV
Tensión de servicio		11,4 kV ó 13,2 kV	34,5 kV
Tensión Nominal	600 V	15 kV	36 kV
Frecuencia	60 Hz	60 Hz	60 Hz
Clase	0,5 según la norma IEC	0,5 s	0,5 según la norma IEC
Instalación	Interior	Interior	Interior
Número de núcleos	1	1	1
Carga	15 VA	2,5 - 5 VA	10 - 15 VA
Tensión de ensayo a 60 Hz	3 kV	34 kV	70 kV
Tensión de ensayo al impulso		95 kV	170 kV
Corriente primaria	100, 200, 300, 400, 600, 800 A	10, 15,20, 30,40, 60, 100 A	30, 60, 100 A
Corriente secundaria	5 A	5 A	5 A
Corriente térmica (I_{th})	80 In	8 kA	80 In
Corriente dinámica (I_d)	200 In	20 kA	200 In
Factor de seguridad	≤ 5	≤ 5	≤ 5

ANEXO 2: CALCULOS SISTEMA CONTRA INCENDIO: RETIE 28.3.11

CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO BCI:

NORMA AE-319 CODENSA

Cálculo de los transformadores de corriente tipo VENTANA, para Sistema bomba contra incendio

CARGA: BOMBA DE 125 HP, $I = 343$ A, 208V de Tabla 430-150 de NTC 2050.

CARGA: BOMBA JOCKEY DE 3 HP, $I = 10,6$ A, 208V de Tabla 430-150 de NTC 2050.

CARACTERISTICAS DEL SISTEMA.

POTENCIA (KVA) = $(343 + 10,6) \times 0,208 \times \sqrt{3} = 127,39$ KVA

CORRIENTE(A) $I_n = 353,6$ A, Tabla 430-150 de NTC 2050.



CORRIENTE A ROTOR BLOQUEADO Bomba de 125 HP : $I_m = 2.007$ A,
Tabla 430-151B, NTC 2050.

CORRIENTE A ROTOR BLOQUEADO Bomba de 3 HP : $I_m = 71$ A, Tabla
430-151B, NTC 2050.

CORRIENTE TOTAL A ROTOR BLOQUEADO: 2.078 A.

I protección solo magnética (A) = 400 A.

Set point (A) = $6 \times I_n = 2.400$ A (Disparo magnético)

CALCULO DE LOS TC'S:

$120\% I_n(A) = 412$ A

$80\% I_n(A) = 274,4$ A

RELACION DE TC'S (300/5) A

La medida es semidirecta por B.T.

3TC'S (300/5) A



7.5.1. TRANSFORMADORES DE CORRIENTE (TC)

Se utilizan varios tipos de transformadores de corriente dependiendo de la **tensión** y de la relación de transformación.

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE			
	Baja Tensión	11,4 kV ó 13,2 kV	34,5 kV
Tensión de servicio		11,4 kV ó 13,2 kV	34,5 kV
Tensión Nominal	600 V	15 kV	36 kV
Frecuencia	60 Hz	60 Hz	60 Hz
Clase	0,5 según la norma IEC	0,5 s	0,5 según la norma IEC
Instalación	Interior	Interior	Interior
Número de núcleos	1	1	1
Carga	15 VA	2,5 - 5 VA	10 - 15 VA
Tensión de ensayo a 60 Hz	3 kV	34 kV	70 kV
Tensión de ensayo al impulso		95 kV	170 kV
Corriente primaria	100, 200, 300, 400, 600, 800 A	10, 15, 20, 30, 40, 60, 100 A	30, 60, 100 A
Corriente secundaria	5 A	5 A	5 A
Corriente térmica (I_{th})	80 In	8 kA	80 In
Corriente dinámica (I_d)	200 In	20 kA	200 In
Factor de seguridad	≤ 5	≤ 5	≤ 5

7.5.2. TRANSFORMADORES DE POTENCIA

ESPECIFICACIONES DEL MEDIDOR DEL GABINETE DE MEDICIÓN DE LA BOMBA CONTRA INCENDIO – BCI

7.4.3.2. MEDICIÓN SEMIDIRECTA EN B.T. – CARGAS MAYORES O IGUALES A 55 kW E INFERIORES A 300 kW – NIVEL 1

Las cargas mayores o iguales de 55 kW son medidas con medidores electrónicos que registran activa, reactiva y posean perfil de carga.

Los medidores se conectan a los secundarios de los transformadores de corriente (clase 0,5S o mejor).

Las características de los medidores son las siguientes:

Medidor		Trifásico Tetrafilar
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 417; AE 417-1

Las características mínimas que deben poseer estos medidores son:

- Energía Activa
- Energía Reactiva

CALCULO DE REGULACION Y PERDIDAS SISTEMA CONTRA INCENDIO

DESDE	HASTA	CARGA TOTAL DEMANDADA (KVA)	CORRIENTE NOMINAL (A)	CORRIENTE DE FASE (A) ó Im (l rotor bloqueado)	LONGITUD TRAMO (ML)	MOMENTO ELECTRICO (KVA-ML)	TIPO DE SISTEMA	CONDUCTORES ACOMETIDA X REGULACION (HFFR LS)	Kx10 ³	% REG. PARCIAL	% REG. TOTAL
TRANSFORMADOR T1 DE 500 KVA											
T1	TE-BOMBAS C.I.	127,4	353,6	Im = 2.400 A	47,00	5.987	3F-4H; 120/208 V 3F-3H;208 V	3No.500KCM+1No.2 AWG T Cu	0,2700	1,62	1,62
T1	TE-BOMBAS C.I.	127,4	353,6	Im = 2.400 A	47,00	5.987	3F-4H; 120/208 V 3F-3H;208 V	2x(3No.400KCM+1No.2 AWG T), AL	0,2113	1,26	1,26

PERDIDAS DE ENERGIA EN BAJA TENSION

HASTA	CARGA TOTAL DEMANDADA (KVA)	Imax (A)	LONGITUD TRAMO (ML)	TIPO DE SISTEMA	CALIBRE CONDUCTOR DE FASE	CONDUCTORES ACOMETIDA SELECCIONADA POR REGULACION (AWG-HFFR LS)	RESISTENCIA EQUIVALENTE W/km	PERDIDAS ENERGIA (KW-HORA) I ² x R
OR TR DE 500 KVA								
TE-BOMBAS C.I.	127,4	442,0	47,00	3F-4H; 120/208 V 3F-3H;208 V	No.500 MCM CU	3No.500KCM+1No.2 AWG T Cu	0,07776	0,714
TE-BOMBAS C.I.	127,4	442,0	47,00	3F-4H; 120/208 V 3F-3H;208 V	2 No.400MCM /fase AL	2x(3No.400KCM+1No.2 AWG T), AL	0,07986	0,733

Atentamente,



NOMBRE: NELSON SAAVEDRA TRUJILLO

MATRICULA PROFESIONAL: 17205-19368

FIRMA: 

FECHA: JUNIO DE 2021



ANEXO 3: ESTUDIO DE RESISTIVIDAD DEL TERRENO.

Cali, Julio 16 de 2020

Señores
SECRETARIA DE EDUCACION DEL DISTRITO.
BOGOTA D.C.

REF: ESTUDIO DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO, PARA EL COLEGIO BOITÁ, ubicado en Localidad 8 Kennedy.

INTRODUCCIÓN.

En el siguiente informe se presentan los resultados del estudio de resistividad del terreno del actual Parque Santa Catalina, donde se construirá el Colegio Boitá, y que está ubicado entre las Calles 45 Sur y 43 Sur y Carreras 72 Q y 72 Q Bis, en el Barrio Santa Catalina, Localidad 8 Kennedy, Bogotá.

ESTUDIO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DEL TERRENO.

1.1 DATOS GENERALES

CLIENTE:	SECRETARIA DE EDUCACION DEL DISTRITO
DIRECCIÓN:	Av. El Dorado #66-63, Bogotá.
CIUDAD:	Bogotá, Cundimarca.
SITIO DE MEDICIÓN:	Zona central del terreno.
DIRECCIÓN:	Actual Parque Santa Catalina, donde se construirá el Colegio Boitá, ubicado entre las Calles 45 Sur y 43 Sur y Carreras 72 Q y 72 Q Bis, Barrio Santa Catalina, Localidad 8 Kennedy, Bogotá
TELÉFONOS:	N/A.
INSTRUMENTO:	Eurotest 61557
MODELO:	MI-2086 Eurotest , Marca METREL.
METODO:	RESISTENCIA ESPECÍFICA DE TIERRA, Método de los 4 conductores.
RESOLUCIÓN:	0.01 Ω m para rango 0.00 Ω m a 19.99 0.1 Ω m para rango 20.0 Ω m a 199.9 Ω m 1 Ω m para rango 200.0 Ω m a 1999 Ω m
PRECISIÓN:	\pm (2% de r. +3D)
FRECUENCIA SEÑAL:	125 Hz de onda sinusoidal.
NORMAS:	RETIE Art. 15 numeral 15.5.1 IEEE Standard 81:1983: Art. 7, 8 y anexo B
FECHA:	Julio 10 de 2020

HORARIO:	8:00 am a 10:00 am.
TIPO DE TERRENO:	Terreno natural.
CONDICIONES DE ENSAYO:	Suelo seco.

La prueba se realiza en un punto con dos (2) direcciones. En la dirección A: Sur-Norte y en la dirección B: Oeste-Este.

El terreno se encuentra seco, por lo que se corregirán las lecturas teniendo en cuenta solo las del instrumento según recomienda el fabricante y la norma.

No se presentan obstáculos importantes que impidan realizar las mediciones en los puntos en las distancias preestablecidas.

1.2 RESISTIVIDADES MEDIDAS EN CAMPO Y CÁLCULO DE LA RESISTIVIDAD PROMEDIO.

Tabla 1: MEDIDA DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO: METODO DE LOS 4 PUNTOS (Método de WENNER)				
Lugar de medición	Parque Santa Catalina.	Punto significativo: Terreno área central del predio		
Dirección	Entre Calles 45 Sur y 43 Sur y carreras 72 Q y 72 Q Bis, Localidad 8 Kennedy, BOGOTÁ			
Estado superficial del terreno	Seco	Equipo Utilizado	MI-2086 Eurotest , Marca METREL.	
Profundidad de exploración (m)	Separación D	Resistividad ρ (Ω -m)		
	m	Dirección A: S-N	Dirección B: O-E	Promedio ρ (Ω -m)
0,75	1	35,5	31,0	33,25
1.50	2	41,9	58,0	49,95
2.25	3	28,3	52,7	40,5
3.00	4	17,5	62,8	40,15
3.75	5	21,6	29,9	25,75
	Promedio ρ (Ω -m)	28,96	46,88	37,92

1.3 ANALISIS RESISTIVIDAD PROMEDIO TOTAL EN LAS DIRECCIONES A Y B.

El valor promedio de las 10 mediciones de resistividad es de **37,92 Ω -m**.

Para que el terreno sea considerado como uniforme se requiere una variación máxima del 30%. Esto implica la revisión de cantidad de valores comprendidos dentro del rango de **37,92 Ω -m \pm 30% = 26,54 Ω -m a 49,30 Ω -m**.

Al revisar los diferentes valores de resistividad medidos, encontramos que **5** de los **10** valores está fuera del rango de aceptación. Por tanto el terreno se considera como no uniforme y para obtener la resistividad promedio aplicaremos la metodología de BOX-COX, que modela un suelo uniforme, en una sola capa.

REGISTRO FOTOGRAFICO.



Fotografía 1: medida a 1m, dirección A



Fotografía 2: medida a 2 m, dirección A



Fotografía 3: medida a 3m, dirección A



Fotografía 4: medida a 4m, dirección A



Fotografía 5: medida a 5m, dirección A



Fotografía 6: medida a 1m, dirección B



Fotografía 7: medida a 2m, dirección B



Fotografía 8: medida a 3m, dirección B



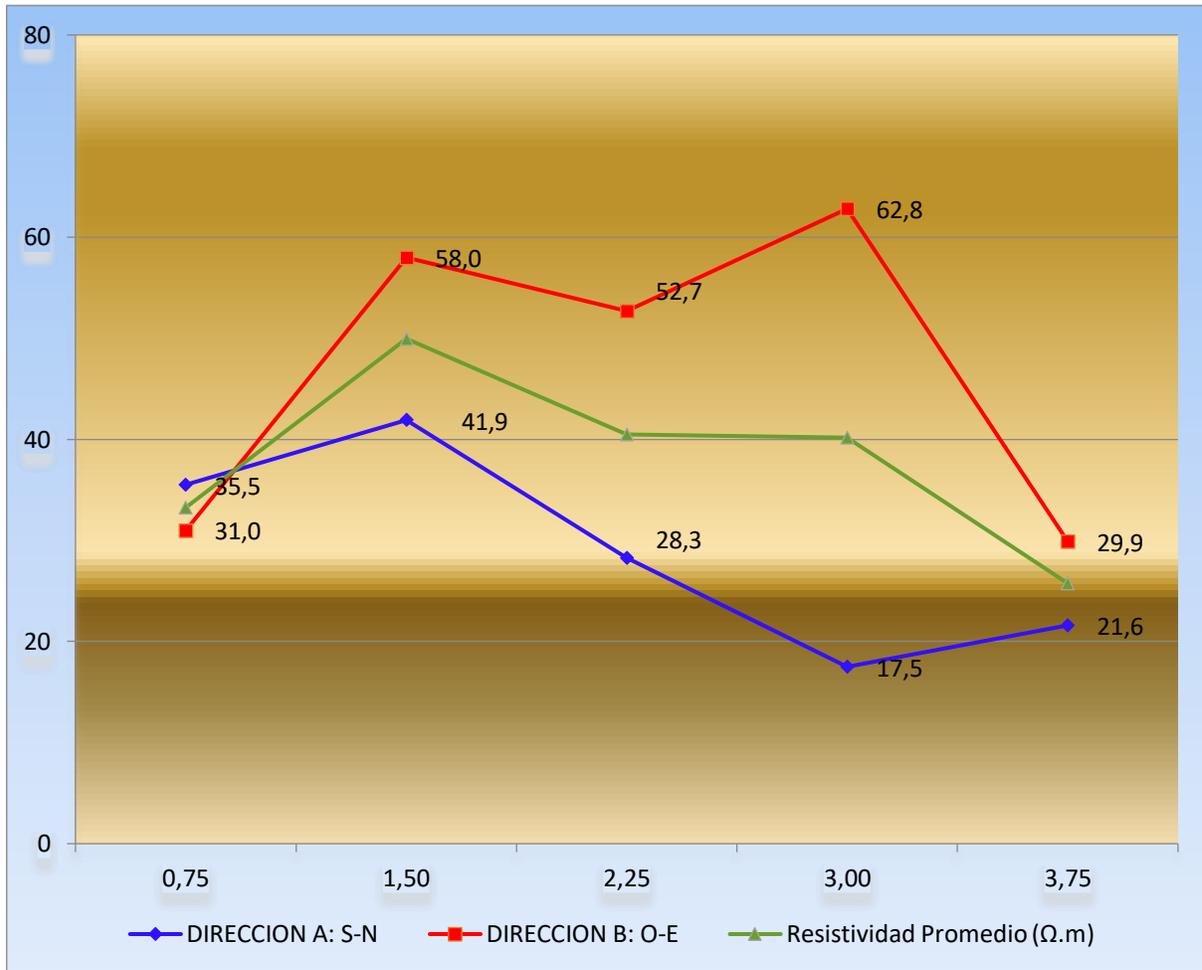
Fotografía 9: medida a 4m, dirección B



Fotografía 10: medida a 5m, dirección B



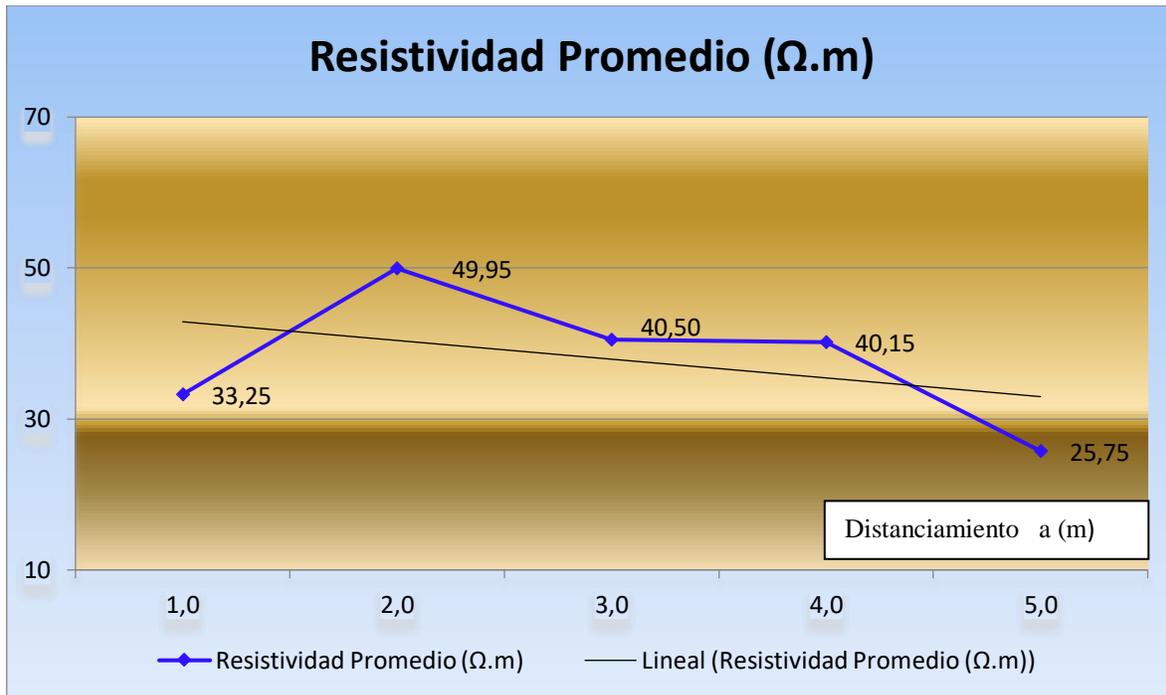
Fotografía 11: Sitio de medición, Parque Santa Catalina, Localidad 8 Kennedy, Barrio santa catalina, Bogotá.



Curva 1: Resistividad aparente del Terreno de Parque Santa Catalina, B/ Santa Catalina Localidad 8 Kennedy, Bogotá.

1.4 CÁLCULOS PARA UN SUELO UNIFORME TOMANDO EN CUENTA LAS MEDICIONES REALIZADAS EN LA DIRECCIÓN A Y EN LA DIRECCIÓN B, POR EL METODO DE BOX-COX.

Operando los datos de la gráfica de resistividad promedio para las direcciones **A**, **B**, y de su profundidad equivalente en m, a partir de los indicados en la TABLA 1, mediante el método estadístico del Box-Cox, obtenemos un valor de resistividad con una probabilidad del 70% de no ser superada.



Curva 2: Resistividad aparente promedio del terreno de Parque Santa Catalina, Localidad 8 Kennedy, Bogotá.

CALCULO DE LA RESISTIVIDAD POR EL METODO DEL BOX-COX				
SITIO	PREDIO DE FUTURO C. BOITÁ			
DIRECCIÓN	CALLE 45 SUR # 72Q SUR-20, KENNEDY, LOCALIDAD			
CLIENTE	SED, BOGOTA.			
SEPARACION ENTRE ELECTRODOS	MEDIDAS PROMEDIO (X)	LN (Xi)	(Xi-X) ²	
1	33,3	3,50405	0,01154	
2	50,0	3,91102	0,08972	
3	40,5	3,70130	0,00807	
4	40,2	3,69262	0,00658	
5	25,8	3,24843	0,13181	
PROMEDIO		3,61149	0,04954	
DESV. ESTÁNDAR			0,22258	
Z (70%)			0,52441	
RESISTIVIDAD DEL TERRENO CON EL 70% DE PROBABILIDAD DE NO SER SUPERADA (Ωm)			41,60	

1.5 CONCLUSIONES:

1. La resistividad del terreno considerado como un terreno uniforme, con una probabilidad del 70% de no ser superada, sin corrección por error de equipos como recomienda la norma IEC, es de $\rho = 41,60 \Omega \cdot m$.
2. Se realiza corrección de valores por error de equipos según recomienda la norma IEC 61557; luego la resistividad final con una probabilidad del 70% de no ser superada es de $\rho = 54,08 \Omega \cdot m$.

Atentamente,



NOMBRE: <u>NELSON SAAVEDRA TRUJILLO</u>	
MATRICULA PROFESIONAL: <u>17205-19368</u>	
FIRMA: 	FECHA: <u>MAYO 25 DE 20021</u>

NELSON SAAVEDRA T.
Ing. Electricista U.N.
M.P. 17205-19368



SEIE
SOLUCIONES ESPECIALIZADAS
DE INGENIERIA

ANEXO 3: CERTIFICADO DE CALIBRACION DE EQUIPO DE MEDICIÓN.

Calibration certificate

Page 1 of 2

Model: **EUROTEST 61557**

Date: **31. 08. 2018**

Serial No.: **18320262**

Performed by: **Koprivec, Petkovšek**

Signature 

Date Placed In Service: **30 ENE 2020**

Due Date: _____

Metrel Recommended Cal Interval: 12 months

* The due date may be established (by the customer) by adding the "Recommended Cal Interval" to the "Date Placed In Service."

No.	Function / Ubat=5,5V	Input	Low limit	Reading	Uncertainty	High limit
1	Outlook, battery indication, keys, rotary switch and serial communication			Pass		
2	Test  U _{TEST} DC	0 Ω 510 kΩ 900 kΩ	0 V 475 V 845 V	1 525 923	1 3 8	10 V 545 V 955 V
3	Insulation resistance R _{ISO} U _N =50V DC	0,000 MΩ 0,100 MΩ 10,00 MΩ 100,0 MΩ	0,000 MΩ 0,092 MΩ 9,47 MΩ 94,7 MΩ	0,000 0,099 10,08 104,0	0,001 0,001 0,10 1,8	0,003 MΩ 0,108 MΩ 10,53 MΩ 105,3 MΩ
	Uiso output/ open circuit Uiso displayed / open circuit	10 MΩ UisoOut	50 V UisoOut - 4 V	62 62	1 1	75 V UisoOut + 4 V
4	Insulation resistance R _{ISO} U _N =250V DC	0,100 MΩ 1,000 MΩ 100,0 MΩ 190 MΩ	0,096 MΩ 0,978 MΩ 97,8 MΩ 186,0 MΩ	0,099 0,998 100,2 191	0,001 0,006 0,7 1,2	0,104 MΩ 1,022 MΩ 102,2 MΩ 194,0 MΩ
5	Insulation resistance R _{ISO} U _N =1000V DC	0,000 MΩ 1,000 MΩ 190,0 MΩ	0,000 MΩ 0,978 MΩ 186,0 MΩ	0,000 1,000 187,8	0,001 0,006 1,2	0,002 MΩ 1,022 MΩ 194,0 MΩ
	Uiso output/ 1MΩ Uiso displayed/ 1MΩ	1 MΩ UisoOut	1000 V UisoOut - 23 V	1039 1040	7 7	1100 V UisoOut + 23 V
6	Continuity resistance R _{±200mA}	0,00 Ω 1,00 Ω 19,00 Ω 1900 Ω	0,00 Ω 0,96 Ω 18,60 Ω 1843 Ω	0,00 0,99 18,91 1888	0,01 0,01 0,11 11	0,02 Ω 1,04 Ω 19,40 Ω 1957 Ω
	I _{±200mA} output/1Ω Ubat=5V	1 Ω	200 mA	Pass		250 mA
7	Earth resistance four - lead method	0,00 Ω 19,0 Ω 190,0 Ω 1900 Ω 19,00 kΩ	0,00 Ω 18,60 Ω 185,9 Ω 1859 Ω 18,05 kΩ	0,00 19,03 189,8 1901 19,05	0,01 0,11 1,1 11 0,11	0,03 Ω 19,40 Ω 194,1 Ω 1941 Ω 19,95 kΩ
	Probe influence Rc, Rp max			Pass		
8	Earth resistance 1 clamp R _{EARTH}  Additional parallel resistance of 5Ω	190,0 Ω 190,0 Ω	185,9 Ω 114,0 Ω	187,8 186,0	1,1 2,6	194,1 Ω 266 Ω
9	Earth resistance 2 clamp R _{EARTH} 	0,00 Ω 19,00 Ω 30,0 Ω	0,00 Ω 17,08 Ω 24,0 Ω	0,00 18,83 29,9	0,01 0,26 1	0,02 Ω 20,9 Ω 36,0 Ω
10	Loop resistance N - PE R _{LOOP N - PE}	0,00 Ω 100,0 Ω	0,00 Ω 97,7 Ω	0,01 100,2	0,01 0,6	0,03 Ω 102,3 Ω
11	Loop impedance Z _{LOOP}	0,57 Ω 11,64 Ω 1010 Ω	0,53 Ω 11,38 Ω 988 Ω	0,59 11,66 1015	0,01 0,07 6	0,61 Ω 11,90 Ω 1032 Ω

Calibration certificate

Page 2 of 2

Model: EUROTEST 61557

Date: 31. 08. 2018

Serial No.: 18320262

Performed by: Koprivec, Petkovšek

Signature

No.	Function / Ubat=5,5V	Input	Low limit	Reading	Uncertainty	High limit
12	Line impedance	0,57 Ω	0,53 Ω	0,59	0,01	0,61 Ω
	Z _{LINE}	101,9 Ω	99,6 Ω	101,7	0,6	104,2 Ω
13a	Contact voltage					
	U _c / I _Δ N = 10mA, R _{LOOP}	0,57 Ω	0,00 V	0,03	0,01	0,20 V
	U _c / I _Δ N = 30mA, R _{LOOP}	1010 Ω	30,3 V	31,5	0,2	33,3 V
	U _c / I _Δ N = 1000mA, R _{LOOP}	0,57 Ω	0,37 V	0,64	0,03	0,82 V
13b	Earth / Loop Resistance					
	R _s / I _Δ N = 30mA	3 Ω	0,95 Ω	3,28	0,1	5,05 Ω
	R _s / I _Δ N = 100mA	3 Ω	2,15 Ω	3,20	0,05	3,85 Ω
	R _s / I _Δ N = 30mA	1000 Ω	950 Ω	990	5	1050 Ω
	R _s / I _Δ N = 1000mA	0,57 Ω	0,30 Ω	0,60	0,02	0,84 Ω
14	RCD trip time I _Δ N = 100mA	18,3 ms	15 ms	18	1	21 ms
15	Residual currents: values, shapes	Pass				
16	Phase rotation	Pass				
17	Input voltage AC (worst case)					
	U _{L1-L2} , U _{L1-L3} , U _{L2-L3}	0 V 400 V	0 V 390 V	0 400	1 3	2 V 410 V
18	Locator: inductive, capacitive mod	Pass				
19	Power measurement					
	P _w (active power) 230V / 1A	230 W	214 W	233	4	246 W
	PF	1,00	0,99	1,00	0,01	1,00
20	Harmonic analysis of voltage HARMONICS: VOLTAGE					
	230V sine-wave / 50Hz - 1. har	230 V	216 V	230	2	244 V
	100V sine-wave / 950Hz - 19. har	100 V	92 V	102	1	108 V
21	Harmonic analysis of current HARMONICS: CURRENT					
	1A sine-wave / 950Hz - 19. har	950 mA	903 mA	928	5	997 mA
22	AC current TRMS	0,0 mA	0,0 mA	0,2	0,1	0,3 mA
	CURRENT 	10,0 mA	9,2 mA	9,9	0,1	10,8 mA
		95 mA	90,0 mA	95,8	0,5	100 mA
		950 mA	903 mA	964	5	997 mA
		9,5 A	9,03 A	9,47	0,05	9,97 A
		190 A	181 A	189	1	199 A

All results in accordance with technical specification.

Reference instruments:

No.	Instrument	Type	Certificate No.	Due
1	Calibration System	9100, Wavetek	18C01351	31. 07. 2019



METREL

Measurement and Regulation Equipment Manufacturers

METREL d.d.
Ljubljanska c. 77
SI - 1354 HORJUL
SLOVENIA

Tel.: (+386 1) 7558 200
Fax.: (+386 1) 7549 095
<http://www.metrel.si>
e-mail: metrel@metrel.si

ANEXO 4. APARTES DE RESOLUCION CREG 038 DE 2014.

Artículo 6. Tipos de puntos de medición. Para efectos de esta resolución, los puntos de medición se clasifican acorde con el consumo o transferencia de energía por la frontera, o, por la capacidad instalada en el punto de conexión, según la siguiente tabla:

Tabla 1. Clasificación de puntos de medición

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

Artículo 9. Requisitos de exactitud de los elementos del sistema de medición. A partir de la entrada en vigencia de la presente resolución, los medidores, transformadores de medida, en caso de que estos sean utilizados, y los cables de conexión de los nuevos sistemas de medición y los que se adicionen o remplacen en los sistemas de medición existentes deben cumplir con los índices de clase, clase de exactitud y error porcentual total máximo que se establecen en este artículo.

Tabla 2. Requisitos de exactitud para medidores y transformadores de medida

Tipo de puntos de medición	Índice de clase para medidores de energía activa	Índice de clase para medidores de energía reactiva	Clase de exactitud para transformadores de corriente	Clase de exactitud para transformadores de tensión
1	0,2 S	2	0,2 S	0,2
2 y 3	0,5 S	2	0,5 S	0,5
4	1	2	0,5	0,5
5	1 ó 2	2 ó 3	--	--

El índice de clase para los medidores de energía activa corresponde al establecido en las normas NTC 2147, NTC 2288 y NTC 4052 o sus equivalentes normativos de la Comisión Electrotécnica Internacional, CEI.