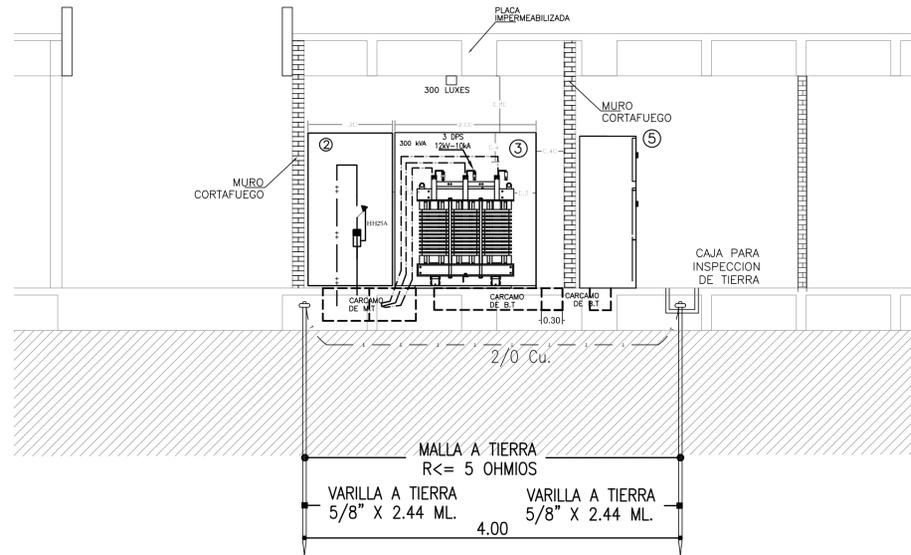


DISPOSICION DE MALLA A TIERRA



LOCALIZACIÓN GENERAL REDES MT
ESCALA 1:750



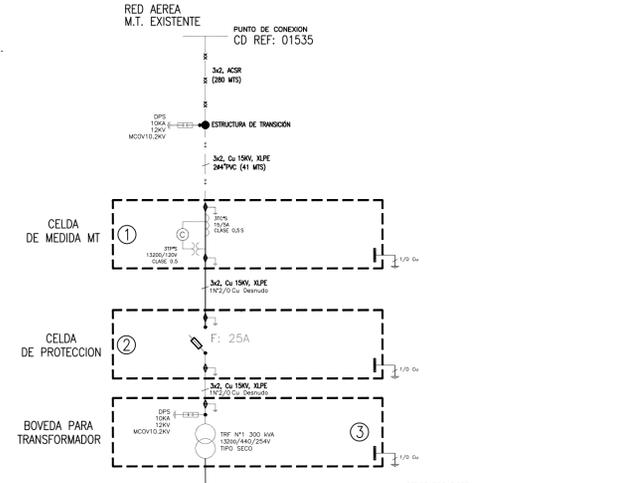
CORTE A-A'
ESCALA 1:50

ESPECIFICACIONES MEDIDOR M.T.

MEDIDOR	TRIFÁSICO TETRARILAR EN TRES ELEMENTOS
TENSION	3x58/100 277/480V
BÁSICA(A)	5 A
MÁXIMA(A)	5 o 10
CLASE	0.2S

TP:
TENSION DE SERVICIO 13.2KV/√3
TENSION NOMINAL 15KV
FRECUENCIA 60Hz
CLASE 0.5
USO INTERIOR
NUMERO DE NUCLEOS 1
CARGA 25VA
TENSION DE ENSAYO A 60Hz 34KV
TENSION DE ENSAYO AL IMP. 95KV
TENSION PRIMARIA 13.2KV/√3
TENSION SECUNDARIA 115V

TC:
TENSION DE SERVICIO 13.2KV
TENSION NOMINAL 15KV
FRECUENCIA 60Hz
CLASE 0.5S
USO INTERIOR
NUMERO DE NUCLEOS 1
PERDIDAS PROPIAS 2.5-5VA
TENSION DE ENSAYO A 60Hz 34KV
TENSION DE ENSAYO AL IMP. 95KV
CORRIENTE PRIMARIA 15A
CORRIENTE SECUNDARIA 5A
CORRIENTE TERMICA 50A
CORRIENTE DINAMICA 20KA
FACTOR DE SEGURIDAD <=5



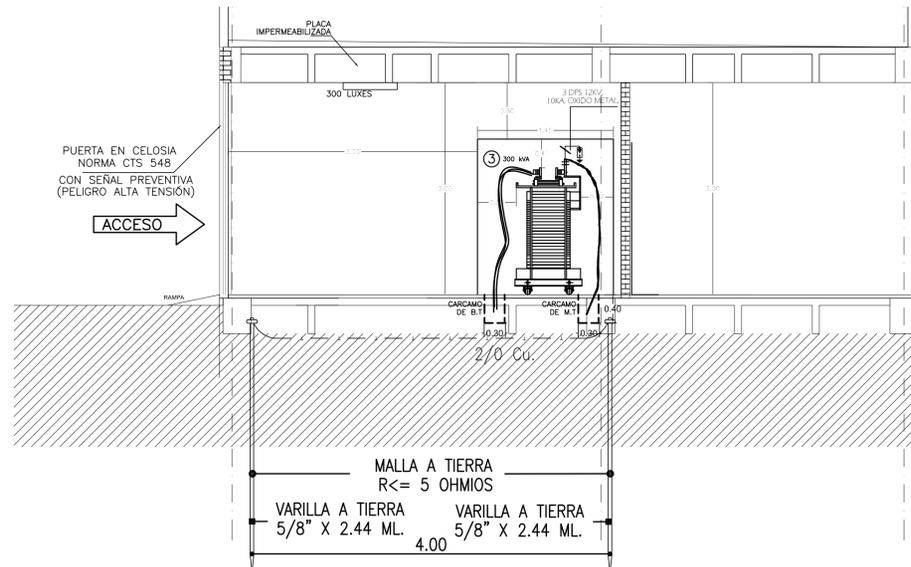
LISTADO DE EQUIPOS

- 1 CELDA EQUIPO DE MEDIDA EN M.T.
- 2 CELDA PROTECCION SEGUN NORMA
- 3 CELDA TRANSF. 300KVA TIPO SECO
- 4 TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION USUARIO

RELACION DE CALIBRE - B.T.

AWG-AL	MM2-AL	AWG-CU	A
500	240	350	300
350	185	250	256
250-4/0	120	4/0-2/0	188
2/0-1/0	70	1/0-2	138
6	25	4	71

PARA SU USO, SE DEBE TENER EN CUENTA EL CALCULO DE REGULACION



CORTE B-B'
ESCALA 1:50

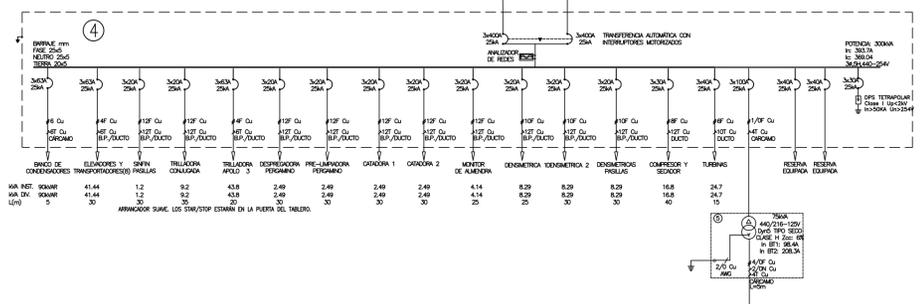


DIAGRAMA UNIFILAR PROYECTADO
SIN ESCALA

PLANO DE PROYECTO PRELIMINAR
PENDIENTE A APROBACION DE SERVICIO
POR LA CEO

				RYMELEC LTDA NIT 900312475-9	
PROYECTO N°: PROYECTO DE SUBESTACION 300KVA				ASOCIACION DE CABILDOS INDIGENAS JUAN TAMA	
FECHA:	DEPARTAMENTO:	REVISO:	APROBO:		
24/07/2018	CAUCA				
CONTIENE: SUBEST. 300KVA				DISEÑO: LUIS SOCHA	
ESCALA: SIN				DISEÑO: Ing. Fabian Mora	
PLANO N°: 1-1				M.P. CND 25348-229152	
CODIGO ARCHIVO:				FECHA: 24/07/2018	
APROBO:					

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		

**MEMORIAS DE CÁLCULO
SUBESTACION
TRILLADORA**

Ing. Fabian Mora
Mat No. CND 25348-229752

Rad.	Fecha de Emisión	Descripción	Diseñado por
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		

GENERALIDADES

Normatividad Aplicable y Criterios Generales

- De acuerdo con las normas NEMA y ANSI no se permite el ingreso de varillas o cuerpos mayores de ½" de diámetro a través de las ventanas de ventilación, por lo que deben de tener grado de protección IP20.
- No debe haber más de diez interruptores automáticos de circuitos montados en un solo Tablero General de Acometida, según sección 230-71 de la NTC 2050.
- Se recomienda la entrada de los cables de M.T en forma lateral y salida de los cables de B.T por la parte inferior. Para las distancias eléctricas mínimas de terminales y cables, se debe consultar el artículo 373-11 de la NTC 2050.
- Norma Técnica Colombiana NTC 2050 (Capítulos 2 y 3)
- Criterios de diseño del ingeniero a cargo del proyecto eléctrico.
- Para la selección del Transformador se considera la demanda actual necesaria y según la norma NTC 2482 "transformadores de distribución sumergidos en líquidos refrigerantes con 65 C de calentamiento en los devanados. Guía de cargabilidad, basadas en su vez en la norma ANSI/IEEE C 54/91.
- La red de B.T. se diseñará con cable de cobre aislado o aluminio en calibre AWG-THWN, 600V, Cu; teniendo en cuenta las condiciones para acometidas subterráneas tales como la norma NTC 2050.
- Reglamento Técnico de instalaciones eléctricas RETIE vigente. Resolución No. 18-1294 de agosto 06 de 2008.
- Resolución CREG 070 y demás que apliquen.
- Ley 142 de servicios públicos domiciliarios.

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto TRILLADORA se encuentra localizado en el departamento del CAUCA. Es un proyecto nuevo de subestación de 300 KVA, para adecuarla a los requerimientos de remodelación. La medida de energía se tendrá mediante un Grupo de Medida en Media Tensión.

La derivación para la nueva subestación será en 13,2 kV desde la red existente.

De acuerdo a la matriz de riesgo, se debe implementar un sistema de protección contra descargas atmosféricas en nivel I así como un sistema manual para extinción de incendios y una coordinación de protecciones mediante descargadores de sobretensiones.

El resumen de cantidades es el siguiente:

Cantidad de cuentas Industriales = 1 UNA (cuentas trifásicas)

Transformador trifásico tipo seco 300 kVA = 1 un.

Cable 3 x 2 Cu, 15kV, XLPE = 297 m

Celda Medida, (proyectada) = 1 un.

Ducteria 2 x 4" PVC = 36 m

Cámaras de inspección CS 276 = 1 un

Celda para grupo de medida en Media Tensión = 1 un

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		

1. RESUMEN DE CARGAS DEL PROYECTO (KW)

TABLERO GENERAL A 208V - 300KVA - TGD					
CIRCUITO	DESCRIPCIÓN	VOLTAJE [V]	CORRIENTE [A]	POTENCIA [kW]	PROTECCIÓN
1	TER	208	58.33	21.00	3X70A
2	TE1P1	208	41.67	15.00	3X50A
3	TE2P1	208	54.17	19.00	3X70A
4	TE1P2	208	108.33	39.00	3X125A
5	TE1P3	208	33.33	12.00	3X50A
6	TIP1-1	208	87.50	31.00	3X100A
7	TIP1-2	208	83.33	30.00	3X100A
8	TIP2-1	208	79.17	28.00	3X100A
9	TIP3-1	208	54.17	19.00	3X70A
10	T-A.A.	208	70.83	25.00	3X80A
11	TE-RG	208	133.33	48.00	3X150A
12	TE-BOMBA	208	16.67	6.00	3X30A
TOTAL		-	820.83	293.00	

CALCULO DE TRANSFORMADOR

Carga de iluminación al 100% 96,00 kW

Carga tomas generales: Primeros 10kW al 100% 10,00 kW
 Restantes 144,0 kW al 50% 72,00 kW

Carga toma reguladas: Primeros 10 kW al 100% 10,00 kW
 Restantes 27,0 kW al 50%v 13,00 kW

Carga de fuerza (Bombas): al 100% 6,00 kW

Carga de fuerza (Bomba Contra Incendio): al 100% 52,00 Kw

TOTAL CARGA DIVERSIFICADA **259,00 kW**

Como se dispone de un tablero automático para corrección del factor de potencia, calculamos esta carga con FP = 0,9

$$\text{POTENCIA (KVA)} = \frac{259,00}{0,90} = 287,77 \text{ kVA}$$

Se selecciona un transformador trifásico, tipo seco de 300kVA, con relación de transformación 13200 - 440/154V, 60 hZ.

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		

SELECCIÓN DE PROTECCIONES DE TRANSFORMADORES

1.1. Selección de protecciones primario del transformador

Protección contra sobre corriente.

$$\text{Corriente nominal (a 13200 V)} = \frac{300000\text{VA}}{\sqrt{3} * 13200\text{V}} = 13,1 \text{ A.}$$

$$I (\text{fusible}) = I_n \times 1,25$$

$$I (\text{fusible}) = 13,1 \times 1,25$$

$$I (\text{fusible}) = 16,4 \text{ Amperios}$$

I (fusible HH) seleccionado = 25 amperios

Tensión nominal = 17,5 kV

Capacidad de interrupción > 65 kA

Para la protección contra sobre corriente se utilizarán fusibles de acuerdo con la tabla, de 25A tipo HH.



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

1.2. Selección de protecciones Secundario del transformador

Protección contra sobre corriente.

$$\text{Corriente nominal (a 440 V)} = \frac{300000\text{VA}}{\sqrt{3} * 440\text{V}} = 393 \text{ A.}$$

Se escoge lo siguiente:

$$\text{Corriente nominal (a 440V)} = 300 / (440 * 1,7321) = 393 \text{ A.}$$

$$\text{Corriente protección (a 440 V)} = 393 * 1,25 = 426 \text{ A.}$$

La acometida será en cable 2(3x4/0+1x4/0, Cu)

Se recomienda usar:

Protección: Interruptor automático termo magnético de 3 x 400 A regulado en 400 A, de tipo Caja Moldeada.

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		

2. CÁLCULO DE ALIMENTADOR DE MEDIA TENSIÓN Y DE REGULACIÓN

El alimentador en media tensión será de acuerdo a normas para alimentación en redes subterráneas y se utilizará en Cobre 3x2, aislamiento XLPE, 15 KV.

3. CALCULOS DE REGULACION Y DE CORRIENTES NOMINALES

CALCULO DE REGULACION PARA BAJA TENSION											
OBRA: SUB TRILLADORA			TIPO DE CONDUCTOR: AL y Cu THHN			Regulación Máxima : 3% al tablero más retirado.					
TIPO DE RED: SUBTERRANEA			KVA/TABLERO:			VOLTAJE: 208 V.					
Subst.	Tramo	Distancia (m)	Vol.	Carga de Calculo	Momento KVA/m	Calibre Conductor FASE	Regulacion parcial.	Calibre Conductor NEUTRO	Constante FASE	Constante NEUTRO	Corriente Maxima en Amp.
S/E 300KVA	TRAFO - TGD	8	440	300,00	2400,00	2x4/0 Cu	0,578	4/0 Cu	4,8176E-04	4,8176E-04	393,65

4. SELECCIÓN DE TUBERÍAS PARA BAJA TENSIÓN

Para la selección de ducterías en Baja tensión que es extractada de la Norma 2050 de ICONTEC.

CALIBRE DEL CONDUCTOR		DIÁMETRO DEL TUBO TIPO IMC							
AWG/Kcmil	mm ² (*)	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"	4"	
10	5.25	11	19	26	43	61	95	163	
8	8.63	7	12	16	26	37	57	98	
6	13	5	9	12	20	28	43	75	
4	21	4	6	9	15	21	32	56	
2	33	3	5	6	11	15	23	41	
1	42.20	1	3	4	7	11	16	28	
1/0	53.50	1	3	4	6	9	14	24	
2/0	67	1	2	3	5	8	12	20	
3/0	85	1	1	3	4	6	10	17	
4/0	107	1	1	2	4	5	8	14	
250	126.7	1	1	1	3	4	7	12	
300	152	1	1	1	2	4	6	10	
350	177	1	1	1	2	3	5	9	
400	202	0	1	1	1	3	4	8	
500	253	0	1	1	1	2	4	7	

Para la acometida principal en Baja Tensión para el proyecto se proyecta LA CONSTRUCCION DE CARCAMO, (desde bornes de transformador hasta el tablero de transferencia).

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		

SELECCIÓN DE EQUIPOS DE MEDIDA EN M.T.

Para el cálculo de la relación de los CT'S se calcula la corriente nominal para la cuenta (Del transformador de potencia) en MT, 13,2KV, y se procede a su determinación de acuerdo al rango especificado es entre el 80 y 120 % de la corriente nominal.

Para la selección de los CT'S tenemos:

St(total) = 300 kVA
 In (total) = 13,1 Amperios
 80 % = 10.4 Amperios
 120 % = 15.7 Amperios
 CT's seleccionados = 15 / 5A

No.	Capacidad de transformación kVA	Corriente primaria nominal (A)	Transformador de Corriente	Transformador de potencial Tres elementos	Medidor
1	112,5	5,7	5:5	12000/√3-200/√3 V 13200/√3-190/√3 V	3 x 58/100...277/480 V 5 A Multirango en tensión
2	150	7,6	7,5:5		
3	225	11,4	10:5		
4	300	15,2	15:5		
5	400	20,3	20:5		
6	500	25,3	30:5		
7	600	31,9	30:5		
8	800	40,5	40:5		
9	1000	50	50:5		
10	1500	75	75:5		

Transformadores de potencial para medida en tres núcleos.

TRANSFORMADOR DE POTENCIAL				
Tensión de servicio	11,4 / √3 kV	11,4 / √3 - 13,2 / √3 kV	13,2 / √3 kV	34,5 / √3 kV
Tensión Nominal	15 kV	15 kV	36 kV	36 kV
Frecuencia	60 Hz	60 Hz	60 Hz	60 Hz
Clase	0,5	0,5	0,5	0,5
Instalación	Interior	Interior	Interior	Interior
Número de núcleos	1	1	1	1
Carga	25 VA	25 VA	25 VA	25 VA
Tensión de ensayo a 60 Hz	34 kV	34 kV	70 kV	70 kV
Tensión de ensayo al impulso	95 kV	95 kV	170 kV	170 kV
Tensión primaria	11,4 / √3 kV	12 / √3 kV	13,2 / √3 kV	34,5 / √3 kV
Tensión secundaria	115V	115 V	115 V	115 V

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		

5. SELECCIÓN DE DUCTERIA PARA RED DE M.T.

Sección	Corriente Nominal (A)	Dist. (m)	No. de Conductores por fase	Calibre Mínimo de Conductores	Diámetro Mínimo de tubería
CONEXION a S/E (M.T)	13.1	41	1	3x2 cobre	2ø4"-PVC

Tubería que transporta los conductores de M.T.

6. CALCULO DE MALLA DE TIERRA.

Con la información entregada, tomamos un 60% de la corriente de corto circuito de la Red en MT para el cálculo de la malla de tierra. Este cálculo se muestra en las hojas adjuntas.

7. COORDINACIÓN DE PROTECCIONES

El tiempo de Coordinación entre el fusible HH y el relé de fase de la central esta asegurado de acuerdo a lo mostrado en el cálculo y grafica anexa. Este cálculo se muestra en las hojas adjuntas.

8. ANALISIS DE RIESGOS ELECTRICOS Y ATMOSFERICOS.

Este cálculo se muestra en las hojas adjuntas.

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		

CALCULO DE MALLA DE TIERRA

Ing. Fabian Mora
Mat No. CND 25348-229752

Rad.	Fecha de Emisión	Descripción	Diseñado por
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-



MEMORIAS DE CÁLCULO

CALCULO DE MALLA DE PUESTA A TIERRA

METODOLOGIA IEEE80 - 2000

Se utilizan para los cálculos las ecuaciones de la estándar IEEE80-2000, enunciadas en la parte derecha de la hoja.

PARAMETROS

ρ	30,20 Resistividad aparente del terreno Ohm/m.
ρ_s	3000 Resistividad superficial del terreno Ohm/m
h_s	0,25 Espesor de capa superficial (m)
I_o	1991 Corriente de falla monofasica a tierra en el primario (A) al 80% dada
t_c	0,15 Tiempo de despeje de la falla (s) dado

SELECCIÓN DEL CONDUCTOR

De acuerdo al RETIE y la tabla 250-94 de la norma NTC-2050

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

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 25, para diferentes materiales y varios valores de T_m

T_m es la temperatura de fusión o el límite de temperatura del conductor y una temperatura ambiente de 40 °C.

t_c es el tiempo de despeje de la falla a tierra.

Kf=11,78	A= 4,60	mm2
Se escoge cable cobre Nº	2/0	AWG
A _c =	67,44 mm ²	Sección transversal del conductor
d=	0,01 m	Diámetro conductor

TENSIONES DE PASO Y CONTACTO MAXIMAS TOLERABLES

$$C_s = 1 - \frac{0.09 * \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right)}{2 * h_s + 0.09} \quad (27)$$

C _s =	0,849	Factor de Relación (adimensional)	
Peso de la persona Kg	50		0,116
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

$$E_{step50} = (1000 + 1.5C_s \cdot \rho_s) \frac{0.116}{\sqrt{t_s}} \quad E_{step70} = (1000 + 1.5C_s \cdot \rho_s) \frac{0.157}{\sqrt{t_s}} \quad (33)$$

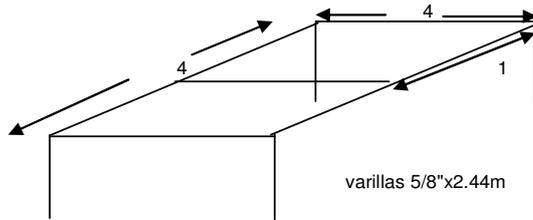
C_s = 1 Para terrenos sin grava

V _{paso} =	4876,60 V	Tolerables
V _{contacto} =	1443,78 V	Tolerables



MEMORIAS DE CÁLCULO

DETERMINACION CONFIGURACION INICIAL



D=	1	Lado de la cuadrícula o espaciamiento entre conductores(m)
L1=	4	Largo de la malla (m)
L2=	4	Ancho de la malla (m)
h=	0,6	profundidad de enterramiento de los conductores (m)
N=	4	Numero de electrodos tipo varilla
Lv=	2,44	Longitud del electrodo tipo varilla (m)

$$L_T = L_C + N * L_v (m)$$

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 =	40	m
L _T =	49,76	m
Área=	16	M ²

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= 3,67 Ohm

CALCULO MAXIMO POTENCIAL DE TIERRA (GPR)

$$I_G = 1.9 * I_0 \quad (A)$$

$$I_G = 3783,66 \quad A$$

$$GPR = I_G * R_G \quad (V)$$

$$GPR = 13881,52 \quad V$$

Vcontacto= 1443,78 V Tolerable

Vcontacto < GPR

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		

CALCULO DE TENSION DE MALLA EN CASO DE FALLA

h= 0,6 Profundidad de enterramiento de los conductores (m)
 D= 1 lado de la cuadrícula o espaciamiento entre conductores(m)
 L₁= 4 Largo de la malla (m)
 L₂= 4 Ancho de la malla (m)
 Conductor calibre 2/0 AWG
 Ac= 67,44 mm² Sección transversal del conductor
 d= 0,01 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 = (L₁+L₂)*2 (m) Para mallas cuadradas o rectangulares

L_p = 16 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 = 5,000 (85)

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

n_b = 1,000 (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_e = n_d = 1

Para mallas rectangular o cuadrada; entonces:

n = 5,000

K_i = 0.644+0.148 * n

Factor de corrección

(89)

K_i = 1,384

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

(83)

K_h = 1,265

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

(81)

K_m = 0,4816

Factor Geométrico

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		

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

$V_{malla} =$ 1263,72 V

$V_{contacto\ tolerable} =$ 1443,78 V **Tolerable**

$V_{malla} < V_{contactoTolerable}$ **CUMPLE**

CALCULO DE LA TENSION DE PASO EN FALLA

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

$K_s =$ 0,743

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

$V_{PASO} =$ 3067,10 V

$V_{paso\ tolerable} =$ 4876,60 V

$V_{paso} < V_{pasotolerable}$ **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:

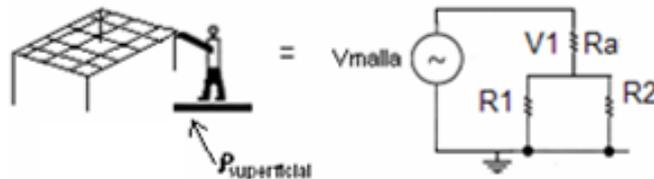
L1=	4	Largo de la malla (m)
L2=	4	Ancho de la malla (m)
h=	0,6	profundidad de enterramiento de los conductores(m)
N=	4	Numero de electrodos tipo varilla
Lv=	2,44	Longitud del electrodo tipo varilla (m)



MEMORIAS DE CÁLCULO

CÁLCULO DE LA TENSIÓN 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

$$= 3\rho_s$$

R2= Resistencia del suelo en el punto de apoyo 2

$$= 3\rho_s$$

Ra= Resistencia del cuerpo de el individuo

$$= 1000 \text{ Ohm}$$

Rb= Resistencia superficial de el piso debajo de el individuo

Vmalla= Voltaje de la malla

$$\rho_s = 3000$$

$$R_b = \left(\frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2} \right) \quad V_1 = V_{malla} \left(\frac{R_a}{R_a + R_b} \right)$$

$$R_b = 4500 \text{ Ohm}$$

$$V_{malla} = 1263,72 \text{ V}$$

$$V_1 = 230 \text{ V}$$

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

$$\text{Para } T_s = 0,15$$

$$\text{Máxima tensión de contacto} = \frac{116}{\sqrt{t}} [V, c.a.] = 299,51 \text{ V}$$

Entonces $V_1 < \text{Máxima tensión de contacto permisible}$

La tensión de contacto CUMPLE para $T_s = 0,15$

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		

INFORME MEDICION DE LA RESISTIVIDAD DE TERRENO COLEGIO LA FELICIDAD

1. METODOLOGIA UTILIZADA PARA MEDIR LA RESISTIVIDAD DE TERRENO

MÉTODO DE WENNER

En 1915, el Dr. Frank Wenner del U.S. Bureau Of. Standards, desarrolló la teoría de este método de prueba. El Doctor encontró que si la distancia enterrada (h) es pequeña comparada con al distancia de separación entre electrodos (A), la siguiente fórmula se puede aplicar para encontrar la resistividad promedio a la profundidad (A) en ohm-m en un punto x del terreno.

$$\varphi = 2\pi AR \quad (1)$$

Donde:

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

π : es la constante 3.141592654

A: la distancia entre electrodos en metros

R: Lectura del Telurometro en ohmios

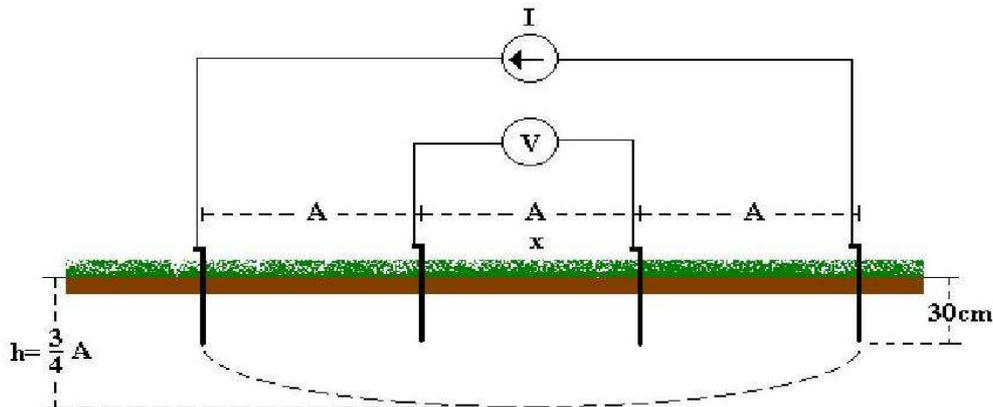
El espesor de la capa a la cual se mide la resistividad es directamente proporcional con la separación de las picas de medición por un factor de 3/4, esto es:

$$h = \frac{3}{4} A$$

Si sustituimos este valor en la ecuación (1), obtenemos que:

$$\varphi = \frac{8}{3} \pi h R$$

La figura 1 nos da un esquema de montaje de las picas de medición para el método de Wenner.



	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		

Figura 1: Esquema de montaje del sistema de Wenner

SISTEMA SIMÉTRICO

Este método, es una variante del método de Wenner y se utiliza cuando no se pueden clavar las picas a intervalos regulares. Se colocan las picas centrales simétricas a una distancia d del punto x . Las puntas de la fuente de corriente se colocan a una distancia D simétricas al punto x . La profundidad h a la cual se está midiendo la resistividad está dada por:

$$h = \frac{D}{2}$$

Si se aumenta la distancia D , la resistividad del terreno se está midiendo a una profundidad mayor. La resistividad del terreno utilizando este método está dada por:

$$\rho = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{2d} R$$

Si las picas no se pueden clavar, se deben de colocar las picas acostadas sobre ranuras húmedas y después mojarlas abundantemente. Con este método se obtienen valores muy similares a cuando se entierran las picas. En la figura 2 se puede ver un esquema de la colocación de las picas para el método simétrico.

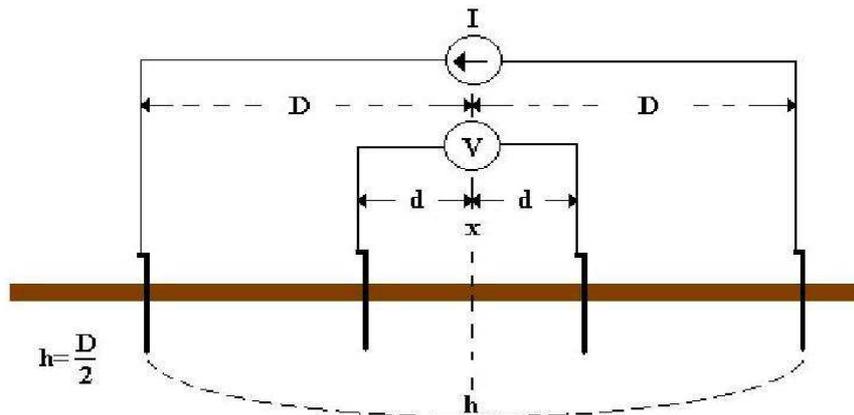


Figura 2: Montaje del sistema simétrico.

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		

2. RESULTADO DE LA MEDICION DE LA RESISTIVIDAD DE TERRENO

METODOLOGIA.

Se aplica el método WENNER en la ubicación de las picas, de acuerdo a recomendaciones de este método y según lo acepta la IEEE, 81-1983, se esta haciendo mediciones con separación entre electrodos de 1, 2 y 3 metros, adicionalmente y para cumplir con la especificación se toman dos medidas en dos ejes perpendiculares, una vez obtenidas estas lecturas se procede a realizar el promedio primero por distancia de electrodos y luego el promedio por cada eje para obtener la resistividad.

Se presenta un ejemplo para las medidas realizadas:

Eje Distancia (mts)	1	2	Promedio por distancia
1	43,4	42,8	43,1
2	24.9	28,0	26,45
3	21.8	20.4	21,1
Promedio eje	30.03	30,4	
Resistividad promedio de calculo	30,215		

De esta forma se grafican las medidas obtenidas.

Hasta el momento se realizan mediciones en áreas verdes o de vegetación, en parques aledaños al sitio de ubicación de los equipos a instalar o cambiar, en promedio se están tomando a unas distancias máximas de tres cuerdas a la redonda del sitio de intervención ya que de acuerdo a estudios realizados y a los comportamientos de los terrenos se llega a la conclusión que existen estándares de acuerdo con el tipo de terreno y tal como se presenta en la norma IEEE, es bastante aproximado, pues los suelos tienen unas características similares en sectores aledaños y se puede asumir las mismas resistividades.

Tabla de resistividades por clase de suelo

RANGOS DE RESISTIVIDAD DE LA TIERRA

TIPO DE TIERRA	Resistividad promedio
Suelo orgánico húmedo	10
Suelo húmedo	100
Suelo seco	1000
Roca	10000

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		

Por lo tanto para la aplicación nuestra, parimos de medidas de resistividad en lugares apartados maximo 3 cuadras (300 metros), asumiendo en buena forma la uniformidad del terreno, para esta distancia.

3. REGISTRO FOTOGRAFICO DE LA MEDIDION



R1E 43,4 ohmios metro D: 1 metro



R2E: 24,9 ohmios metro D: 2 metros

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		



R3E: 21,8 ohmios metro D: 3 metros



R1O 42,8 ohmios metro D: 1 metro

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		



R20: 28,0 ohmios metro D: 2 metros



R30: 20,4 ohmios metro D: 3 metros

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El valor promedio de resistividad de terreno medida es de 30,215 ohmios/metro.
- El tipo de suelo según tabla es suelo húmedo.
- Se recomienda realizar análisis de riesgo de la instalación.
- Se recomienda realizar diseño de puesta a tierra con la resistividad de terreno medida.

FLPT2402 Edición: 06/2013/12/06




LABORATORIO DE CALIBRACIÓN COLMETRIK LTDA.®
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
 CALIBRATION CERTIFICATE
 NÚMERO: CMK-ELEC-14683

Solicitante: EINCE LTDA
Customer:
Dirección: Carrera 15 A No. 55 - 48 Bogotá, D.C.
Address:

Instrumento Calibrado: Telurómetro
Calibrated Instrument: Fabricante: METREL
 Modelo: M12068
 Serie: 11220699
 Dispositivo indicador: Pantalla LCD
 Especificaciones: Ver manual de especificaciones.

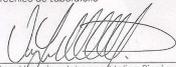
Método de Calibración: EURAMET CG-15 Guía sobre la calibración de multímetros digitales (Guidelines on the Calibration of Digital Multimeters), Versión 2 (03/2011).

Trazabilidad: Las mediciones realizadas son trazables al sistema internacional de unidades según se evidencia en los certificados referidos a continuación:
 - Digital Multimeter KENILUX 2015 (M2) ILL LMK-SU10V
 Certificado de Calibración CMK-ELEC-14392 del 2014/06/03 emitido por Laboratorio de Calibración COLMETRIK LTDA.® Acreditado ONAC.

Condiciones ambientales: Temperatura Máxima 22,4 °C Temperatura Mínima 22,1 °C
 Environmental Conditions: Humedad Máxima 47 % Humedad Mínima 45 %

Fecha de recepción: 2017/10/07 **Fecha de calibración:** 2017/10/20
 Date of reception: 2017/10/07 Date of calibration: 2017/10/20

Calibró: Diego Fernando Romero Velásquez
 Calibrated by: Técnico de laboratorio

Autoriza este certificado: 
 Authorized by: Ing. Verónica Johanna Molina Pinzón
 Coordinadora de Laboratorio
 Revisado por: [] Checked by:

Estos resultados corresponden únicamente a la calibración del equipo descrito. Este certificado no debe ser reproducido sin aprobación escrita de Colmetrik Ltda.®

Calle 72 # 55 - 48 PISO 3 Bogotá D.C.
 Teléfono: (571) 2604411 - 2604421 Fax: (571) 2604425
 www.colmetrik.com.co
 Correo: info@colmetrik.com.co

Página 1 de 2

FLPT2402 Edición: 06/2013/12/06




LABORATORIO DE CALIBRACIÓN COLMETRIK LTDA.®
 Certificado de calibración No. CMK-ELEC-14683

Incertidumbre de medición:
 La estimación de la incertidumbre sigue los lineamientos de la "GUÍA PARA LA EXPRESIÓN DE INCERTIDUMBRE EN LAS MEDICIONES" GTC S1-1997, y del procedimiento interno LPT-06.
 La incertidumbre de medición reportada fue estimada teniendo en cuenta las contribuciones debidas a la especificación del patrón, resolución del instrumento bajo prueba y dispersión de los datos al medir.
 La incertidumbre de medición expandida reportada es estimada como la incertidumbre estándar de la medida multiplicada por un factor de cobertura k reportada en la tabla de resultados. Si la incertidumbre dominante tiene una distribución rectangular k=1.65. Estos factores de cobertura corresponden a un nivel de confianza aproximada del 95,45 %.

Resultados de calibración:
 Se realizaron mediciones del instrumento, se determinaron los errores al medir respecto al instrumento patrón. Estos datos se emiten en las siguientes tablas de resultados como error ± incertidumbre.

Intervalo de medición	MEDICIÓN DE RESISTENCIA (Ω) - 6hm (Ω)				
	Lectura Patrón*	Lectura Instrumento*	Error Instrumento*	Factor de cobertura k	± Incertidumbre expandida
(0 a 20) Ω	5,02077 Ω	5,04 Ω	0,0192 Ω	2,0	0,038 Ω
(0 a 20) Ω	10,0024 Ω	10,01 Ω	0,0076 Ω	2,0	0,0082 Ω
(0 a 20) Ω	20,0021 Ω	19,98 Ω	-0,022 Ω	2,0	0,010 Ω
(20 a 200) Ω	50,0239 Ω	50,0 Ω	-0,024 Ω	1,65	0,048 Ω
(20 a 200) Ω	100,045 Ω	100 Ω	-0,045 Ω	2,0	0,09 Ω
(200 a 1000) Ω	500,005 Ω	500 Ω	0,005 Ω	1,65	0,48 Ω

* Valor promedio.

Observaciones:
 Para la utilización de este instrumento deben tenerse en cuenta los resultados de esta calibración. El usuario determina de acuerdo a la tolerancia establecida para el proceso de medición con el instrumento, si este le es útil con los resultados emitidos.
 Para las mediciones reportadas se usaron los cables suministrados por el cliente.
 El usuario es responsable de recalibrar en un intervalo apropiado de tiempo sus instrumentos.
 Los resultados reportados, corresponden al momento y a las condiciones en las cuales se realizaron las pruebas mencionadas. COLMETRIK LTDA.® no se responsabiliza por los perjuicios que se puedan producir por uso inadecuado de este instrumento.
 Se asignó y se adhirió al instrumento la estampilla de calibración número: CMK-ELEC-14683

FIN DE CERTIFICADO

Calle 72 # 55 - 48 PISO 3 Bogotá D.C.
 Teléfono: (571) 2604411 - 2604421 Fax: (571) 2604425
 www.colmetrik.com.co
 Correo: info@colmetrik.com.co

Página 2 de 2

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		

ANALISIS DE RIESGOS ELECTRICOS

Ing. Fabian Mora
Mat No. CND 25348-229752

Rad.	Fecha de Emisión	Descripción	Diseñado por
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		

EVALUACIÓN DE RIESGO ELÉCTRICO, SEGÚN EL ART. 9 DEL NUEVO RETIE 2013.

Nota: El siguiente texto es tomado literalmente del artículo 9 del Nuevo RETIE 2013.

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

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

9.1 ELECTROPATOLOGÍA

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

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

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

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

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

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

Biegelmeier estableció la relación entre el I_{2.t} (energía específica) y los efectos fisiológicos (ver Tabla 9.2).

ENERGÍA ESPECÍFICA I_{2.t} (A²s x 10⁻⁶)	PERCEPCIONES Y REACCIONES FISIOLÓGICAS.
<i>4 a 8</i>	<i>Sensaciones leves en dedos y en tendones de los pies.</i>
<i>10 a 30</i>	<i>Rigidez muscular suave en dedos, muñecas y codos.</i>
<i>15 a 45</i>	<i>Rigidez muscular en dedos, muñecas, codos y hombros. Sensación en las piernas.</i>
<i>40 a 80</i>	<i>Rigidez muscular y dolor en brazos y piernas.</i>
<i>70 a 120</i>	<i>Rigidez muscular, dolor y ardor en brazos, hombros y piernas.</i>

Tabla 9.2 Relación entre energía específica y efectos fisiológicos

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		

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

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

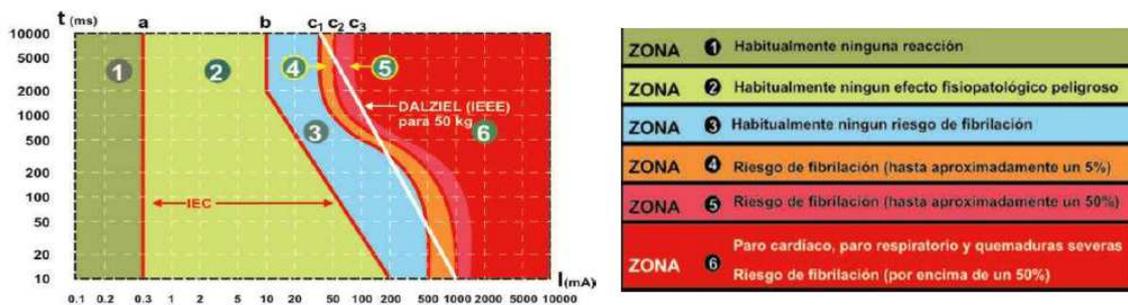


Figura 9.1 Zonas de tiempo/corriente de los efectos de las corrientes alternas de 15 Hz a 100 Hz

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

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

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

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

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

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

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

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

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

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		

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

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

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

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

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

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

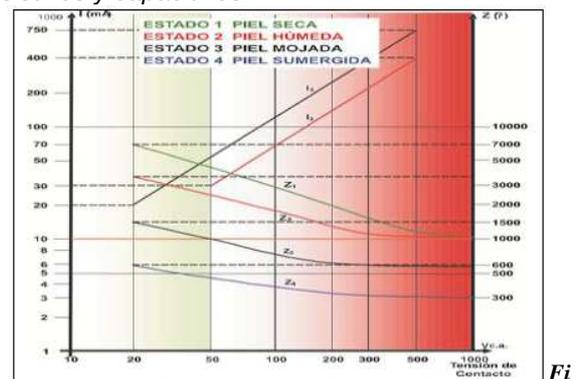


Figura 9.2 Impedancia del cuerpo humano

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

9.2 EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO

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

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

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		

9.2.1 Matriz de análisis de riesgos

Con el fin de evaluar el nivel o grado de riesgo de tipo eléctrico, se puede aplicar la siguiente matriz para la toma de decisiones (Tabla 9.3). La metodología a seguir en un caso en particular, es la siguiente:

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

RIESGO A EVALUAR:	por		(al) o (en)								
	EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras)		FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco eléctrico)		FUENTE (Ej: Celda de 13,8 KV)						
POTENCIAL <input 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 más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
		Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
		Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
		Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

Evaluador: _____ MP: _____ Fecha: _____

Tabla 9.3 Matriz para análisis de riesgos

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	<i>Inadmisible para trabajar.</i> 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	<i>Minimizarlo.</i> 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	<i>Aceptarlo.</i> 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	<i>Asumirlo.</i> Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

Tabla 9.4 Decisiones y acciones para controlar el riesgo

9.2.2 Criterios para determinar alto riesgo

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

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

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

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

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

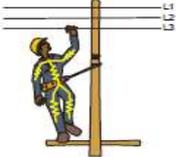
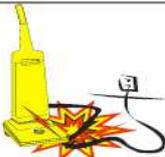
9.3 FACTORES DE RIESGO ELÉCTRICO MÁS COMUNES

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		

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

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

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

	<p align="center">ARCOS ELÉCTRICOS.</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 sin 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 align="center">AUSENCIA DE ELECTRICIDAD (EN DETERMINADOS CASOS)</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Apagón o corte del servicio, no disponer de un sistema ininterrumpido 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 ininterrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática.</p>
	<p align="center">CONTACTO DIRECTO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Establecer distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble aislamiento.</p>
	<p 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 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>

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		

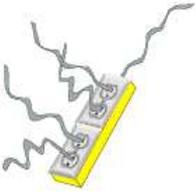
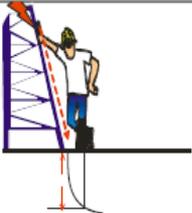
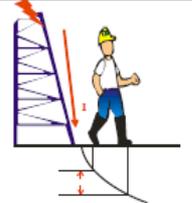
	<p style="text-align: center;">ELECTRICIDAD ESTÁTICA</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Unión y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad 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: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, 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: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.</p>

Tabla 9.5. Factores de riesgos eléctricos más comunes

9.4 MEDIDAS A TOMAR EN SITUACIONES DE ALTO RIESGO

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		

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

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

9.5 NOTIFICACIÓN DE ACCIDENTES

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

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

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RIESGO.

En la siguiente sección del documento se puede relacionar a través de la matriz de riesgo los análisis realizados para los riesgos más recurrentes en este proyecto:

RIESGO A EVALUAR:	AUSENCIA DE ENEEGIA por SUSPENSIÓN SERVICIO (al) o (en) OPERADOR DE RED										
	EVENTO O EFECTO			FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE					
	(Ej: Quemaduras)			(Ej: Arco eléctrico)		(Ej: Celda de 13,8 kV)					
POTENCIAL		REAL		FRECUENCIA							
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		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 más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

Evaluador: Ing. Fabian Mora MP: CND 25348-229752 Fecha: 15/07/2018

Tabla 9.3 Matriz para análisis de riesgos

MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO: Instalación de suplencia para equipos sensibles con planta eléctrica.

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		

RIESGO A EVALUAR:	ELECTROCUCION por CONTACTO INDIRECTO (al) o (en) TABLEROS DE MT				FRECUECIA						
	EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras)		FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco eléctrico)		FUENTE (Ej: Celda de 13,8 KV)						
POTENCIAL <input type="checkbox"/>		REAL <input type="checkbox"/>									
CONSECUENCIAS	En personas	X Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A	
		Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
		Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
		Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
		Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
		Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Evaluador: Ing. Fabian Mora MP: CND 25348-229752 Fecha: 15/07/2018

Tabla 9.3 Matriz para análisis de riesgos

MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO: Instalación de Celdas de MT en cuarto con acceso restringido, uso de tableros con llave, interconexión de celdas a puesta a tierra.

RIESGO A EVALUAR:	ELECTROCUCION por CONTACTO INDIRECTO (al) o (en) TABLEROS DE BT				FRECUECIA						
	EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras)		FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco eléctrico)		FUENTE (Ej: Celda de 13,8 KV)						
POTENCIAL <input type="checkbox"/>		REAL <input type="checkbox"/>									
CONSECUENCIAS	En personas	X Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A	
		Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
		Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
		Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
		Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
		Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Evaluador: Ing. Fabian Mora MP: CND 25348-229752 Fecha: 15/07/2018

Tabla 9.3 Matriz para análisis de riesgos

MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO: Instalación de tableros de BT en cuarto con acceso restringido, uso de tableros ramales con llave, instalación de tomacorrientes GFCI en zonas húmedas.

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		

ANALISIS DE RIESGOS ATMOSFERICOS

Ing. Fabian Mora
Mat No. CND 25348-229752

Rad.	Fecha de Emisión	Descripción	Diseñado por
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		

**EVALUACION DEL NIVEL DE RIESGO
NORMA NTC 4552-2**

CALCULO DE LA DENSIDAD DE DESCARGAS A TIERRA (DDT):

NIVEL CERAUNICO (NC) EN MAPA NTC 4552=

120

DENSIDAD DE DESCARGAS A TIERRA (DDT)= $0.0017 \cdot NC^{(-1.56)}$ (Rayos/Km2.año)

DDT=

0.970799534

Rayos/Km2.año

Corriente pico promedio(KA)=

45

Densidad de descargas a tierra (DDT) [Descargas/km2 - año]	Corriente pico absoluta promedio [kA]		
	40 ≤ labs	20 ≤ labs < 40	labs < 20
DDT MAYOR A 30			
15 ≤ DDT < 30			
5 ≤ DDT < 15			
DDT < 5	X		

 Severas

 Altas

X

 Moderadas

 Bajas

Sumando los valores de los indicadores relacionados con la estructura, como son el uso, el tipo y la combinación de altura y área, de acuerdo con las Tablas a, b y c se obtiene el Indicador de Gravedad (IG), que se puede presentar en la estructura.

$$IG = IUSO + IT + IAA$$

Donde:

IUSO: Indicador relacionado con el uso de la estructura

IT : Indicador relacionado con el tipo de estructura

IAA : Indicador relacionado con la altura y el área de la estructura

Tabla a. Indicador relacionado con el uso de la estructura:

Clasificación de estructuras	Uso de la estructura	Indicador
Estructuras de uso común	Teatros, colegios, escuelas, iglesias, supermercados, centros comerciales, áreas deportivas, hospitales, prisiones, ancianatos, jardines infantiles, guarderías, hoteles.	40
Estructuras de uso común	Oficinas y viviendas de tipo urbano y rural	30
Estructuras de uso común	Bancos, compañías aseguradoras , industrias, museos, bibliotecas, sitios históricos y arqueológicos	20
Estructuras utilizadas para la prestación de servicios públicos	Estructuras de comunicaciones, instalaciones para acueducto.	10

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		

Tabla b. Indicador relacionado con el tipo de estructura:

Tipo de estructura	Indicador
No metálica	40
Mixta	20
Metálica	0

Tabla c. Indicador relacionado con la altura y el área de la estructura en cubierta:

AREA DE LA ESTRUCTURA DE CUBIERTA= 2000 M2.

ALTURA DEL EDIFICIO= 45 MTS.

Altura y área de la estructura	Indicador
Altura menor a 25 mts y Área menor a 900 m2	5
Altura mayor ó igual a 25 mts. y Área menor a 900 m2	20
Altura menor a 25 mts. Y Área mayor a 900 mts2	10
Altura mayor ó igual a 25 mts. Y Área mayor a 900 m2	20

Tabla d. Indicador de Gravedad:

SUMA DE INDICADORES: 40+20+10=75

Resultado de la suma de Indicadores de estructura	Indicador de Gravedad
0 a 35	LEVE
36 a 50	BAJA
51 a 65	MODERADA
66 a 80	ALTA
81 a100	SEVERA

Luego de esto se plantea la matriz del nivel de riesgo, teniendo en cuenta los indicadores de los parámetros de la zona y la gravedad según el tipo de estructura, con ello se obtiene:

FACTOR DE RIESGO:

PARAMETRO DEL RAYO	INDICE DE GRAVEDAD				
	SEVERA	ALTA	MODERADA	BAJA	LEVE
SEVEROS					
ALTOS		X			
MODERADOS					
BAJOS					

	SUBESTACION – SERIE 3	
MEMORIAS DE CÁLCULO		

En el siguiente cuadro se resumen las acciones recomendadas según el nivel de riesgo.

NIVEL DE RIESGO	PROTECCIONES RECOMENDADAS
BAJO	SPI para acometidas aéreas. Cableados y SPT según NTC 2050 – IEEE 1100
MEDIO	SPI (SISTEMAS DE PROTECCION INTERNOS) Cableados y SPT según NTC 2050 – IEEE 1100 SPE (SISTEMAS DE PROTECCION EXTERNOS)
ALTO	SPI (SISTEMAS DE PROTECCION INTERNOS) Cableados y SPT según NTC 2050 – IEEE 1100 SPE (SISTEMAS DE PROTECCION EXTERNOS) Apantallamientos localizados Plan de prevención y contingencia Sistemas de potencia ininterrumpidas - UPS

NOTA: Los resultados de la matriz de riesgo, como ALTO, recomiendan SPI (Sistemas de protección internos),SPE (Sistemas de Protección Externos). Esto se cumple con la puesta a tierra del Tablero general de Acometidas, los cables de tierra para los tableros de distribución y protecciones. La protección externa se cumple con el DPS en el transformador, ó de las redes de media tensión de la subestación que asigne CODENSA para alimentación en M.T. **NECESITA APANTALLAMIENTO EN CUBIERTAS**

DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN EXTERNA CONTRA DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS EN EL PROYECTO DE LA TRILLADORA JUAN TAMA RESGUARDO INDIGENA DE SANTA ROSA VEREDA SEGOVIA MUNICIPIO DE INZA CAUCA

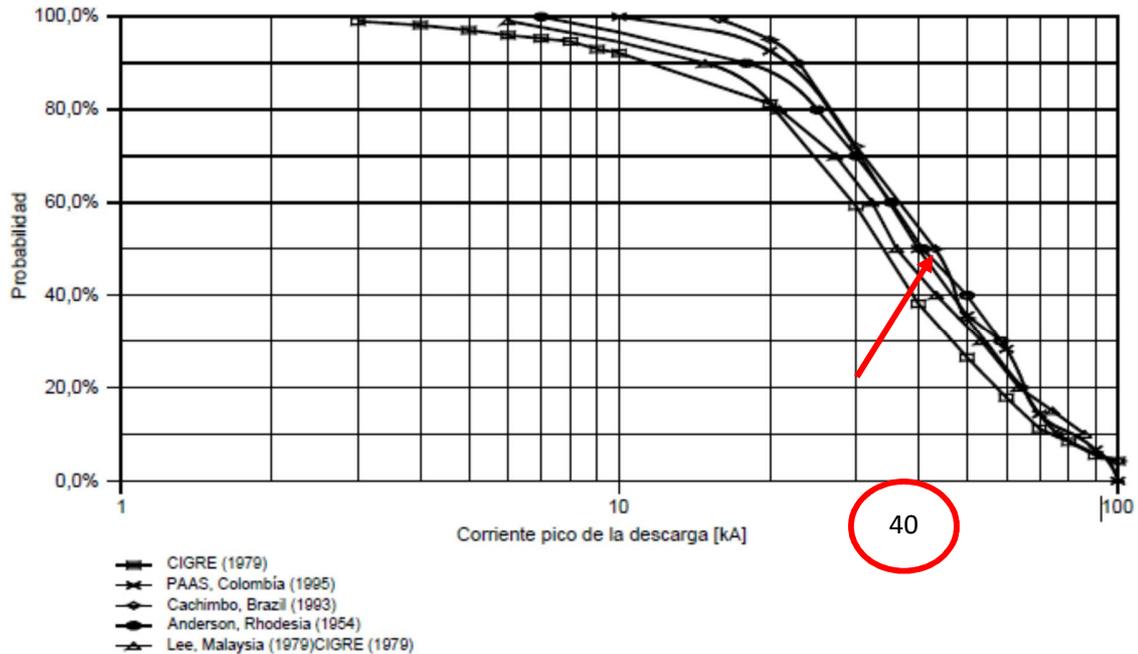
Primero se determina la densidad de descargas a tierra con base a la Norma Técnica Colombiana (NTC 4552-1) que nos indica en la siguiente tabla que la DDT para la zona de Neiva y Popayán es de 1-2:

DENSIDAD DE DESCARGAS A TIERRA DE LAS PRINCIPALES CIUDADES Y POBLACIONES DE COLOMBIA

Ciudad		Rango de DDT (rayos / km ² x año) para áreas de 3 km x 3 km
Arauca	Puerto Inirida	1-2
Barranquilla	Riohacha	
Bogota	San Andrés	
Bucaramanga	San José del Guaviare	
Calí	Tumaco	
Cartagena	Tunja	
Cúcuta	Valledupar	
Florencia	Villavicencio	
Ipiales	Armenia	
Leticia	Ibagué	
Mitú	Manizales	
Mocoa	Medellín	
Neiva	Montería	
Pasto	Ocaña	
Popayán	Santa Marta	
Puerto Carreño	Sincelejo	3-5
	Yopal	
Corozal	Magangue	
Pereira	Turbo	6-9
Girardot		
Barrancabermeja		10-14
Quibdó		
Samana		
El Banco		
Bagre		
Remedios		15-20
La Palma		
Nechí		8-14
Zona rural de Quibdó		8-12
Zona Rural de la Palma		10-16
Zona Rural de Samaná		20-40
Serranía de San Lucas y Estibaciones		8-16
Magdalena Medio		

“Los valores máximos de los parámetros de corriente de rayo del nivel I (NPR) se reduce a 75% para el nivel II, ya 50% para los niveles III y IV. Los parámetros del tiempo no cambian” [2]

Para hallar la I_{abs} nos referimos a la gráfica 1 tomada de la Norma Técnica Colombiana NTC 4552-1, donde observamos que para el nivel IV la corriente se reduce al 50% lo cual indica que la corriente I_{abs} es: **40 kA**



Después de determinar la **DDT** y la I_{abs} nos referimos a la tabla 9 donde se indica el nivel de exposición al rayo en el que nos encontramos.

Densidad de descargas a tierra (Descargas/Km ² -año)	Corriente pico absoluta promedio en (kA)		
	40 ≤ I_{abs}	20 ≤ I_{abs} < 40	I_{abs} < 15
30 ≤ DDT	Rojo	Rojo	Amarillo
15 ≤ DDT < 30	Rojo	Amarillo	Amarillo
5 ≤ DDT < 15	Amarillo	Amarillo	Gris
DDT < 5	Gris (circulado en azul)	Gris	Verde

Severo	Rojo
Altos	Amarillo
Medios	Gris
Bajos	Verde

Según la NTC 4552 la estructura a proteger cumple con las condiciones presentadas en las tablas: 10 a 16.

Características de la estructura

Clasificación de estructuras	Ejemplos de estructura	Indicador
A	Teatros, centros educativos, Iglesias	40
B	Oficinas, hoteles, viviendas	30
C	Industrias pequeñas, museos, bibliotecas	20
D	Estructuras no habitadas	0

Subindicador relacionado con el tipo de estructura

Tipo de estructura	Indicador
No metálica	40
Mixta	20
Metálica	0

Subindicador relacionado con la altura y el área de la estructura

Altura y área de la estructura	Indicador
Área menor a 900 m ²	
Altura menor a 25 m	5
Altura mayor o igual a 25 m	20
Área mayor o igual a 900 m ²	
Altura menor a 25 m	10
Altura mayor o igual a 25 m	20

Según la clasificación de la estructura y utilizando la ecuación de indicador de gravedad obtenemos el siguiente resultado:

$$I_G = I_{uso} + I_T + I_{AA}$$

$$I_G = 20 + 20 + 5$$

$$I_G = 45$$

I_{uso} = Subindicador relacionado con el uso de la estructura.

I_T = Subindicador relacionado con el tipo de estructura.

I_{AA} = Subindicador relacionado con la altura y el área de la estructura.

Según este indicador de gravedad la estructura se encuentra ubicada en el siguiente rango:

Resultado de la suma de Indicadores de estructura	Indicador de Gravedad
0 a 35	Leve
36 a 50	Baja
51 a 65	Media
66 a 80	Alta
81 a 100	Severa

Matriz de niveles de riesgo

Parámetros / gravedad	Severa	Alta	Media	Baja	Leve
Severo					
Alto					
Medio					
Bajo					

Altos	
Medios	
Bajos	

Acciones recomendadas según el nivel de riesgo

Nivel de Riesgo	Acciones Recomendadas
Nivel de Riesgo Bajo	SPI
	Cableados y PT según NTC 2050
Nivel de Riesgo Medio	SPI
	Cableados y PT según NTC 2050
	SPE
Nivel de Riesgo Alto	SPI
	Cableados y PT según NTC 2050
	SPE
	Plan de Prevención y Contingencia

Valores Máximos del radio de la esfera rodante según el nivel de protección

Nivel de Protección	Radio de la esfera (rsc) [m]
Nivel I	35
Nivel II	40
Nivel III	50
Nivel IV	55

Simulación de riesgo

Cálculo del índice de riesgo

Edificio número: 1 de 1

Ed. 1

Ed.	Nombre del edificio	Largo	Ancho	Alto	PDC-Malla
1		44,00	24,00	9,22	P

Nombre del edificio

DETERMINACIÓN DE LA NECESIDAD DE PROTECCIÓN SEGÚN LA NORMA UNE-EN 62305-2

Ed.	Nombre	Superficie de captura	Riesgo de pérdida vidas humanas	Riesgo de pérdida de servicios públicos	Riesgo de pérdida de patrimonio	Riesgo de pérdidas económicas	Necesidad instalación SEPCR*	Nivel de protección	Necesidad instalación SIPCR**	Tipo SIPCR
1		7.221,32	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	Ya protegido	Nivel IV	Ya protegido	IEC62305-4

ELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE PROTECCIÓN

La protección se realizará mediante PDC Malla

* SEPCR = Sistema Externo de Protección Contra el Rayo
** SIPCR = Sistema Interno de Protección Contra el Rayo

Edificio: 1

La instalación de un sistema externo e interno no es necesaria según la IEC 62305-2, pero es recomendable

Español
English
Français
Portugués

DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN

Para la realización de este proyecto se seleccionó el método de la esfera rodante puesto que este se considera como el método más efectivo en cuanto a la protección de estructuras con diseños arquitectónicos más complejos, debido a que la esfera hace un completo barrido en todas las direcciones sobre la superficie expuesta a las descargas eléctricas atmosféricas, evitando así posibles impactos del rayo en bordes, esquinas o partes salientes de la estructura, siendo estos lugares los puntos más críticos; además este método se ajusta a la estructura debido a que es utilizado para las estructuras menores a 55 m.

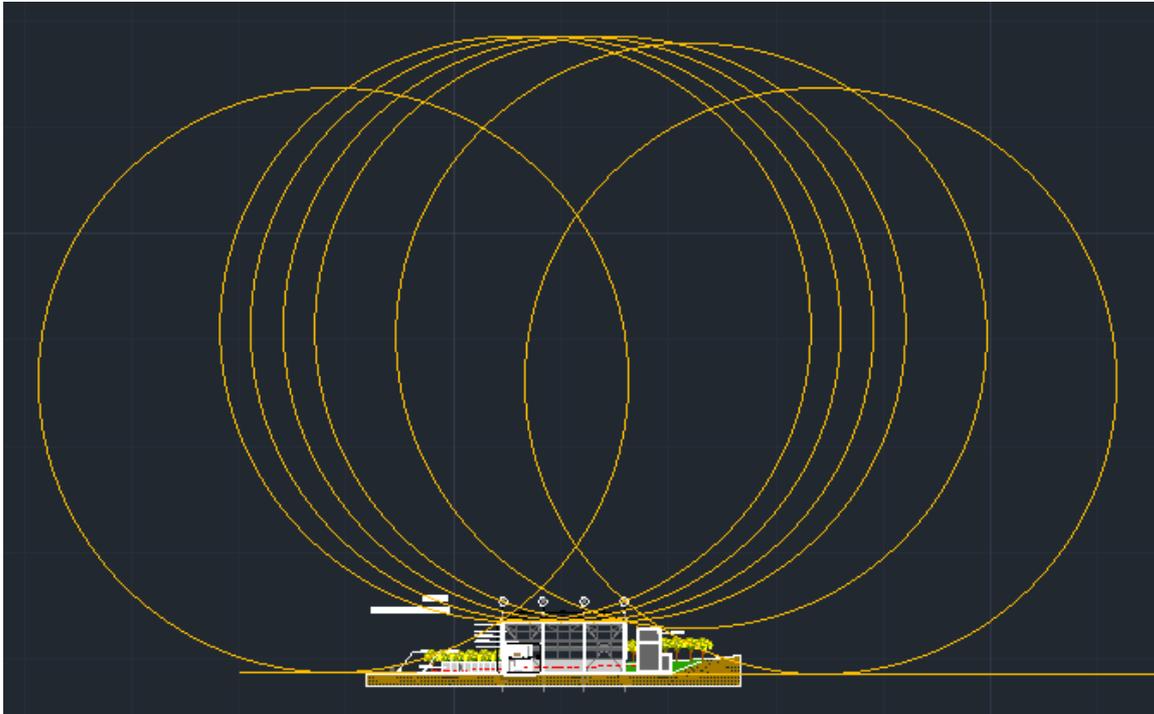
Parámetros de diseño

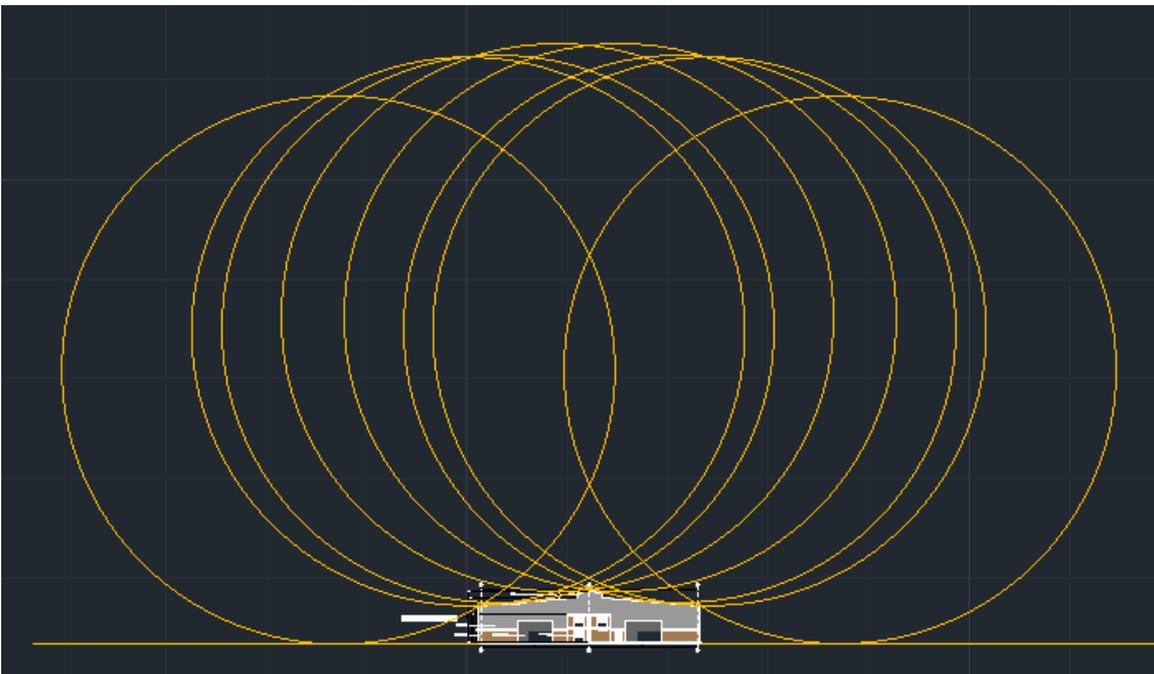
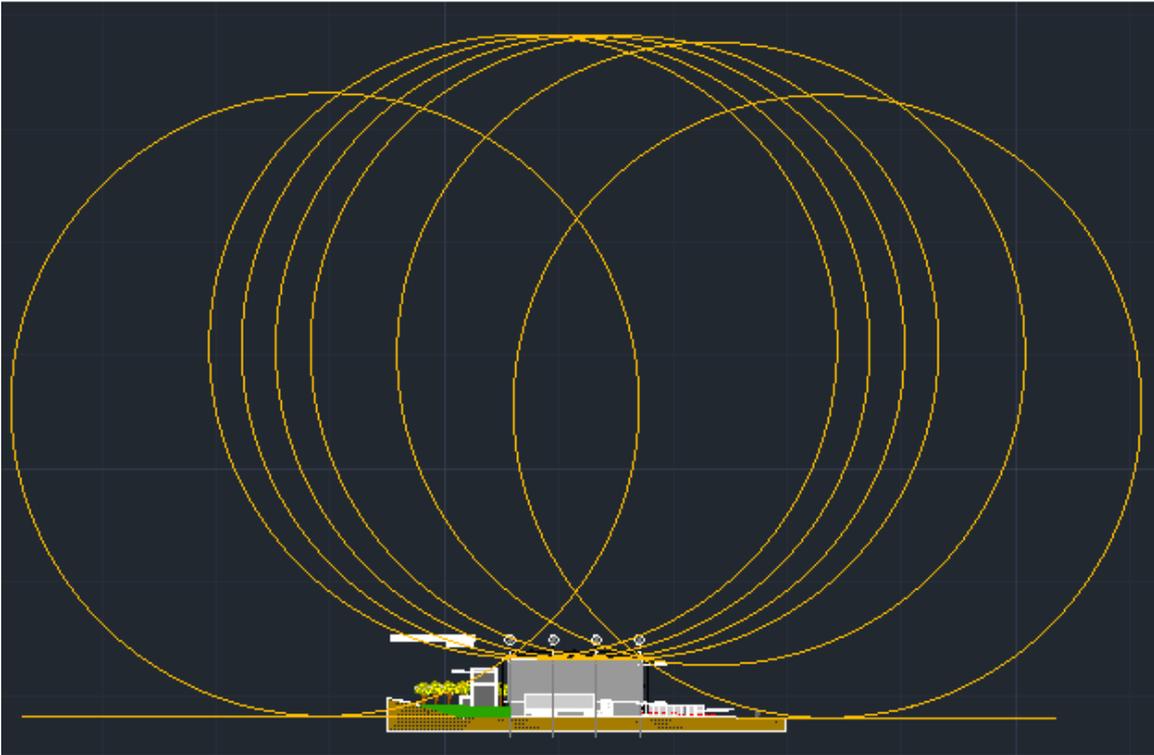
Según los parámetros utilizados en base a la NTC 4552-1 [2] se obtuvo la información de la tabla 20 para las consideraciones del diseño.

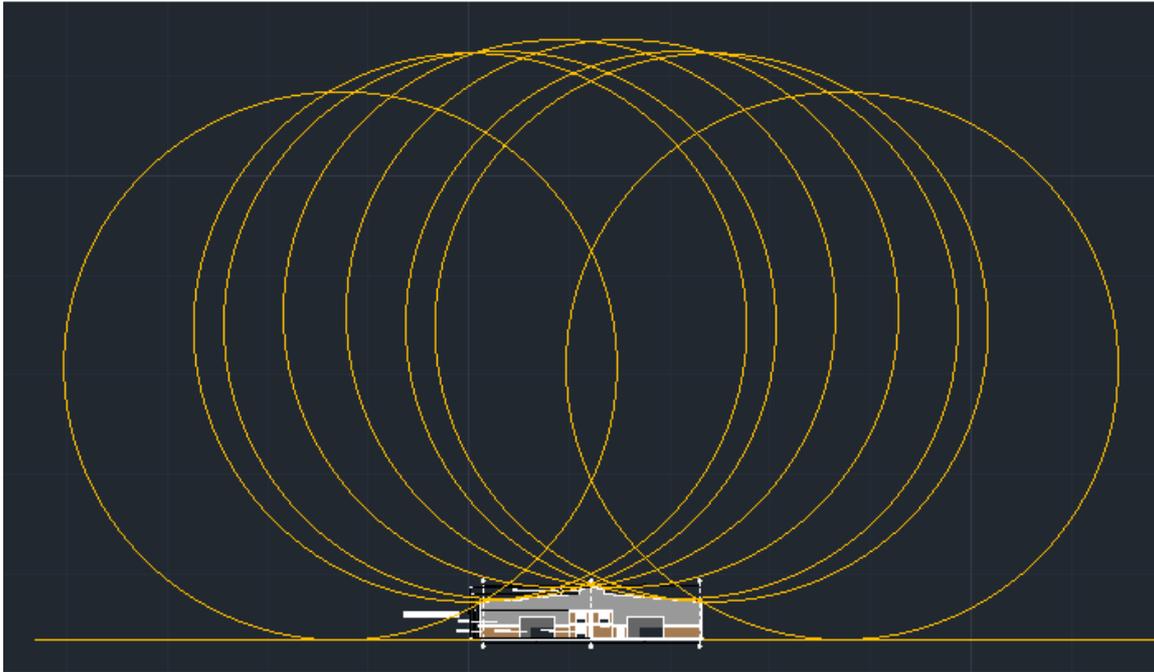
Tabla 20. Valores mínimos de parámetros del rayo relativos al radio de la esfera rodante correspondiente a cada NPR.

Criterio de interceptación			NPR			
	Símbolo	Unidad	I	II	III	IV
Corriente pico mínima	I	KA	17	21	26	30
Radio esfera rodante	R	m	35	40	50	55

Ya obtenidos los parámetros se procedió a la simulación con el método de la esfera rodante utilizando el programa AUTOCAD, dicha simulación se realizó por cada una de las partes de la estructura para obtener la ubicación de cada punta captadora. Cuando se refiere a cada una de las partes de la estructura, realmente se habla de las coordenadas (Norte, Sur, Oriente, Occidente) de la estructura.







DISEÑO SISTEMA DE BAJANTES

Los conductores bajantes son el puente de unión entre el sistema de captación y el sistema de puesta a tierra. Su función principal es la de llevar la corriente de rayo de forma segura a un medio donde pueda disiparla. En cuanto a su implementación, existe una cantidad mínima de conductores bajantes de acuerdo a la altura de la estructura y una distancia mínima de acuerdo al nivel de protección, es aconsejable ubicarlos en lados opuestos de la estructura para no concentrar la corriente de rayo en un solo punto de la malla de puesta a tierra

En la tabla 21 se da a conocer la distancia típica promedio para los bajantes según el nivel de protección necesaria para la estructura, en este caso es nivel IV.

Tipo de Nivel de Protección	Distancia Típica Promedio [m]
Nivel I	10
Nivel II	10
Nivel III	15
Nivel IV	20

Requerimientos para las bajantes

En la tabla 22 se da a conocer el número mínimo de bajantes dependiendo de la altura de la estructura.

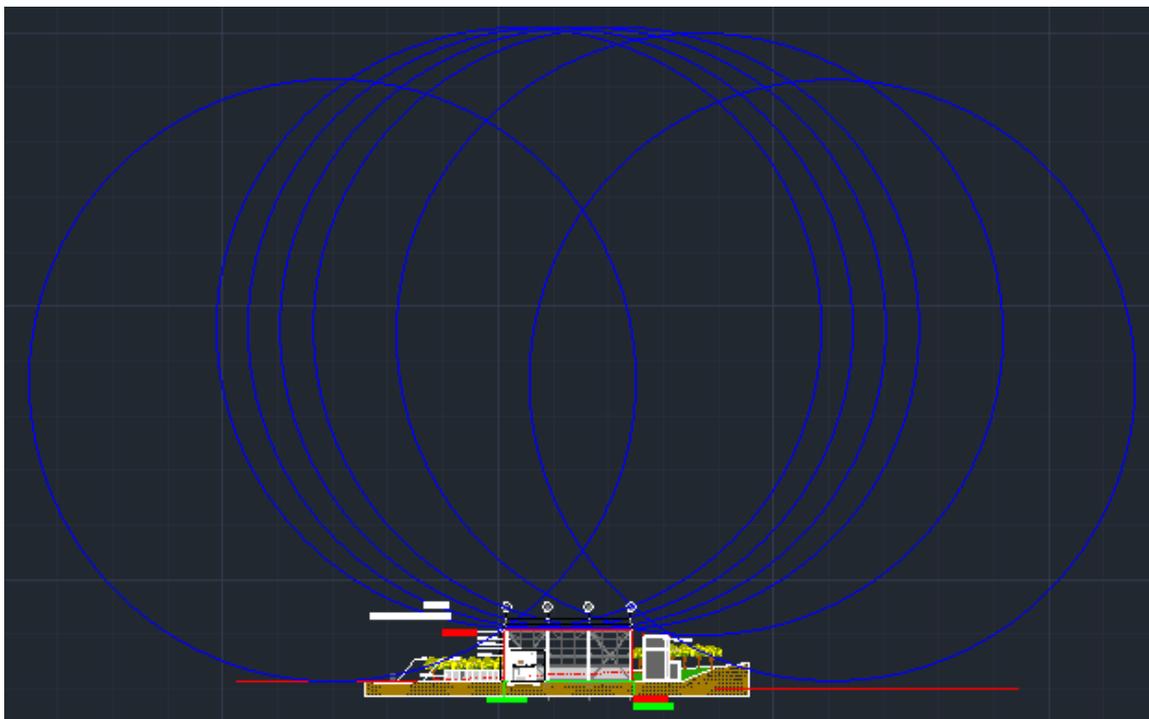
Altura de la estructura	Número mínimo de bajantes	Calibre mínimo del conductor	
		Cobre	Aluminio
Menor que 25 m	2	2 AWG	1/0 AWG
Mayor que 25 m	4	1/0 AWG	2/0 AWG

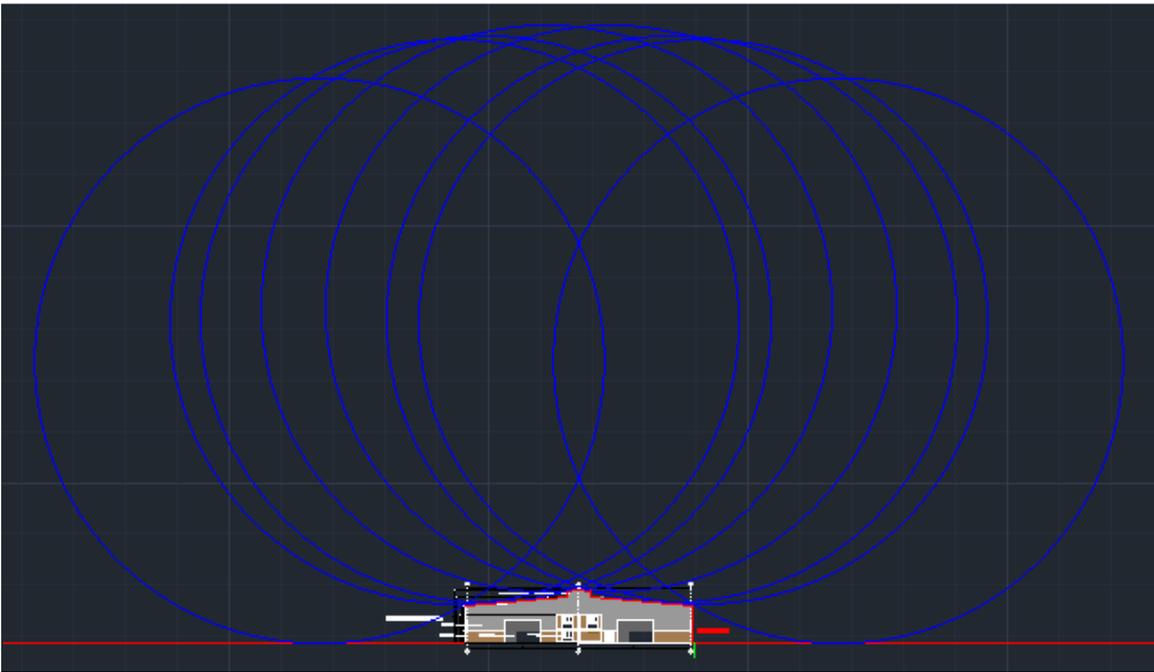
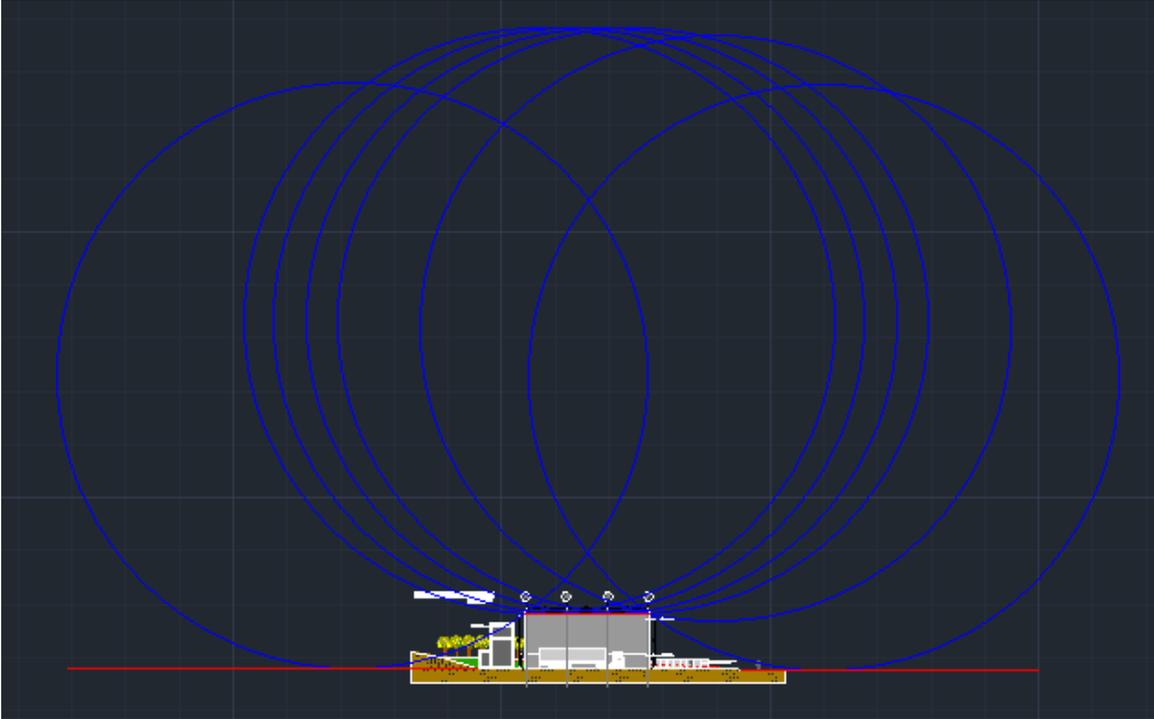
En la siguiente figura se muestra el sistema completo de la protección contra descargas eléctricas atmosféricas las cuales constan de puntas de captación, bajantes, electrodos y anillos superiores e inferiores.

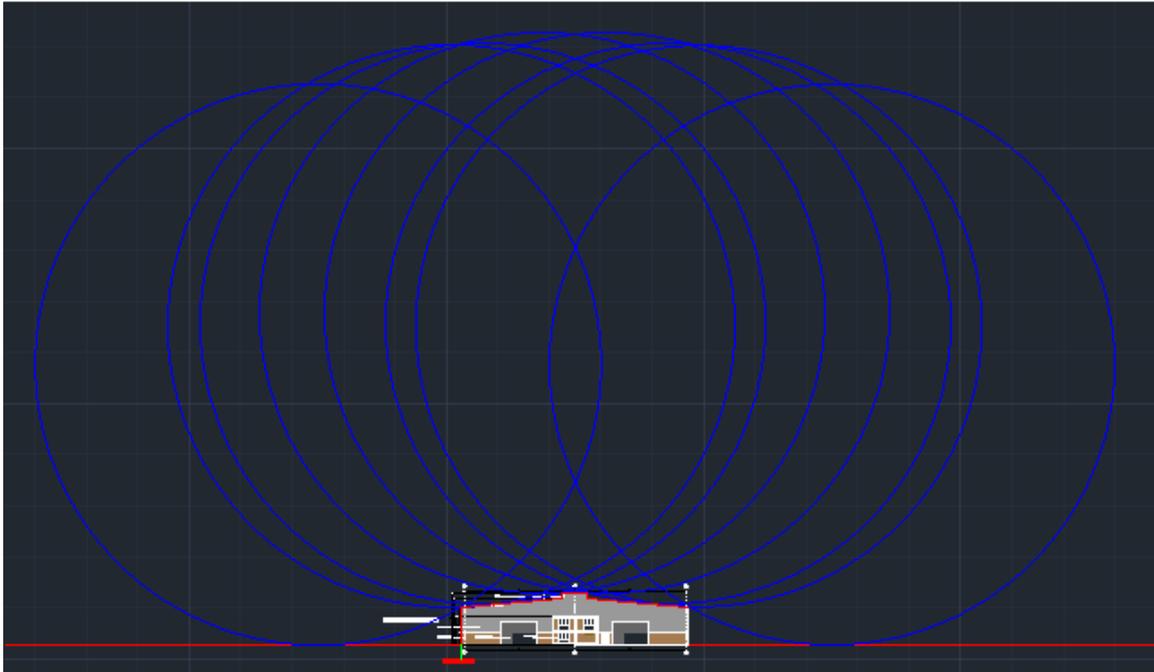
(Puntas de Captación, Bajantes, Anillo superior) 

(Electrodos, Anillo inferior) 

Esferas rodantes 







Cantidades

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Ubicación
1	Punta Captadora (Varilla tipo Franklin) de 0,25 m solidas de diámetro mínimo de 16mm	UN	28	Parte superior
2	Aisladores para anillo superior y bajantes cada 2 mts	UN	75	Parte superior y bajantes
3	Mv Clamp Al/Al tipo A 8-10/16mm	UN	4	Cada unión con bajantes
4	Mv Clamp Cu/Al tipo A 8-10/16mm	UN	28	Cada unión con puntas captadoras
5	Electrodo de Cobre 5/8*2,4 m	UN	4	Cada esquina unido a la anillo inferior
6	Cable Aluminio 1/0 AWG	MT	150	Anillo superior y bajantes
7	Cable Cu 2 AWG	MT	30	Conexión inferior
8	Mano de obra	GL	1	