I. CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

Acorde al RETIE V. 2013 art. 15.3: En instalaciones de uso final con subestación tipo poste, el diseño de la puesta a tierra puede simplificarse.

Para este caso en particular se tendrá en consideración los valores máximos para la resistencia de puesta a tierra de la tabla 15.4 del RETIE V. 2013. art. 15.4, el cual será el valor a obtener de la puesta a tierra del sistema simplificado.

APLICACIÓN	VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA
Estructuras y torrecillas metálicas de líneas o redes con cable de guarda	20 Ω
Subestaciones de alta y extra alta tensión.	1 Ω
Subestaciones de media tensión.	10 Ω
Protección contra rayos.	10 Ω
Punto neutro de acometida en baja tensión.	25 Ω
Redes para equipos electrónicos o sensibles	10 Ω

Tabla 15.4. Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra

Con base en esto, se selecciona un modelo base de la normativa EPM RA6-010 Puesta atierra en sistemas de distribución eléctrica, tabla 2, para el valor de resistividad promedio de 19.3 (Ω-m).

Tabla 2 Configuraciones de puesta a tierra tipo varilla en función de la resistividad del terreno

	Varillas	Resistividad (Ω-m)														
No.	Configuración	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1400	1500	1600	2000
1	•	19 [Ω] 47 [A]	37 [Ω] 24 [A]													
2	• L 3m	16 [Ω] 69 [A]	31 [Ω] 34 [A]	46 [Ω] 23 [A]												

Por ser un sistema eléctrico de baja envergadura, se diseña un sistema convencional sencillo de puesta a tierra, conformado por una varilla de cobre de longitud 2.4m y diámetro de 5/8" conectados a través de un conductor de cobre calibre #8AWG seleccionado según la tabla 250-94 de la NTC2050:

Sección Transversal del mayor conductor de acometida o su equivalente para conductores en paralelo				Sección transversal (calibre) del conductor al electrodo de puesta a tierra			
Cobre		Aluminio o aluminio recubierto de cobre		Cobre		Aluminio o aluminio revestido de cobre *	
mm²	AWG o kcmil	mm²	AWG o Kcmils	mm²	AWG o Kcmils	mm²	AWG o Kcmils
33,62 o menor	2 o menor	53,5 o menor	1/0 o menor	8,36	8	13,29	6
42,2 o 53,5	1o 1/0	67,44 o 85,02	2/0 o 3/0	13,29	6	21,14	4
67,44 o 85,02	2/0 o 3/0	107,21 o 126,67	4/0 o 250 kcmil	21,14	4	33,62	2
107,21 hasta 177,34	4/0 hasta 350 kcmil	152,01 a 253,35	300 a 500 kcmil	33,62	2	53,50	1/0

Así, para el sistema dado, con base en la fórmula simplificada de Dwight se puede calcular la resistencia de puesta a tierra como sigue:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L}\left(Ln\left(\frac{4L}{r}\right) - 1\right) = 11.55\Omega$$

$\rho_{promedio} = 19.3\Omega - m$
$L = 2.4m$
$r = 0.0011535m$

Con lo cual R-sistema<R-máxima y se garantiza que el sistema dado cumple el requerimiento mínimo de resitencia de puesta a tierra.

Tensión de contacto para cuerpo de 50kg

$$E_C = \frac{0{,}116}{\sqrt{t_s}}(1000 + 1{,}5\rho) = 68\text{V}$$

$\rho = 19{,}3\Omega - m$
$t_s = 3s$

Tiempo de despeje de la falla	Máxima tensión de contacto admisible (rms c.a.) según IEC para 95% de la población. (Público en general)	Máxima tensión de contacto admisible (rms c.a.) según IEEE para personas de 50 kg (Ocupacional)
Mayor a dos segundos	50 voltios	82 voltios
Un segundo	55 voltios	116 voltios
700 milisegundos	70 voltios	138 voltios

Tabla 15.1 RETIE. Máxima tensión de contacto admisible para un ser humano

Tensión de paso para cuerpo de 50kg

$$E_C = \frac{0{,}116}{\sqrt{t_s}}(1000 + 6\rho) = 74{,}72\text{V}$$

$\rho = 19{,}3\Omega - m$
$t_s = 3s$

Tiempo de despeje de la falla	Máxima tensión de contacto admisible (rms c.a.) según IEC para 95% de la población. (Público en general)	Máxima tensión de contacto admisible (rms c.a.) según IEEE para personas de 50 kg (Ocupacional)
Mayor a dos segundos	50 voltios	82 voltios
Un segundo	55 voltios	116 voltios
700 milisegundos	70 voltios	138 voltios

Tabla 15.1 RETIE. Máxima tensión de contacto admisible para un ser humano

Detalle sistema de puesta a tierra SFV foso individual

Puesta a tierra foso individual			
Simbolo	Descripción	Dato	
L	Longitud del electrodo	2.4	m
d	Diámetro del electrodo	0.019	m
t	Profundidad de enterramiento	0.2	m
h	Profundidad de la capa 1	1.68	m
Res1	Resistividad capa 1	97	Ohm*m
Res2	Resistividad capa 2	4.1	Ohm*m
ResEQ	Resistividad Equivalente	9.929260985	Ohm*m
Rpat	Resistividad de Puesta a tierra		3.944193957

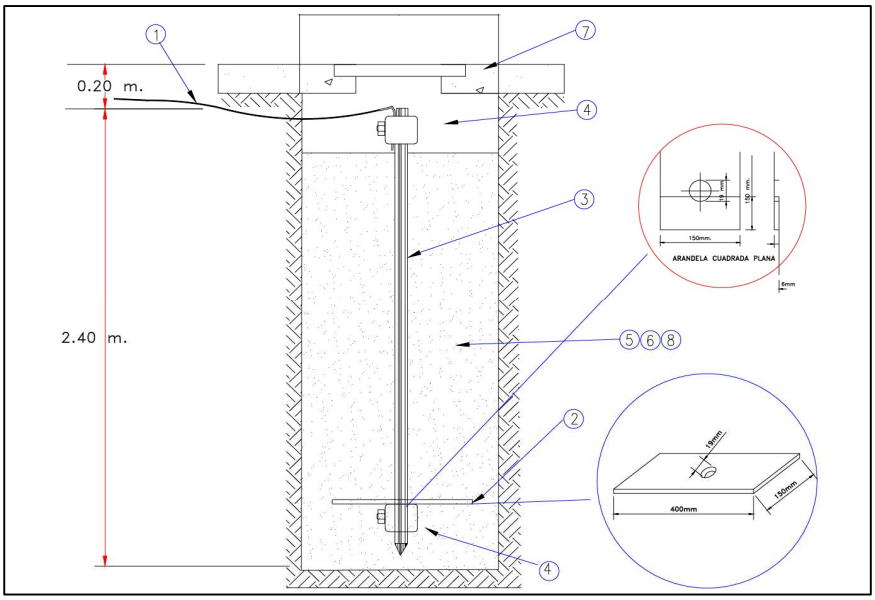


Figura 1. *Detalle sistema de puesta a tierra.*

ITEM	DESCRIPCION	CANT.
1	Conductor de Cu Desnudo, Cableado de 25 mm2, 7Hilos	18.0 m
2	Protector Antirrobo de Bronce de 150X400X3mm C/Agujaero de 19mmø	01
3	Varilla de Bronce de 19mmx 2.40m.	01
4	Conector de Bronce Tipo AB(ANDERSON) P/Varilla de 19mm de Diámetro	02
5	Bentonita Bolsa X 48Kg	01
6	Tierra Negra Cernida – Arcilla	3.5 m3
7	Caja de Concreto P/PT 400X 400X350mm	01
8	Sal Industrial X 100Kg	01
9	Conector AL16–70/Cu. 2.5–35mm2 Tipo Doble Vía SPILT BOLT	01

Tabla 1. *Descripción de elementos SPT.*