



MEMORIAS DE CÁLCULO
INSTALACIONES ELECTRICAS

**EDIFICIO SALUD UNIVERSIDAD NACIONAL SEDE
PALMIRA**

UNIVERSIDAD NACIONAL SEDE PALMIRA

Ing. Diseñador: Carlos A. Gonzalez

Mat. Profesional: 205-39389

| Tramo Desde | Hasta | Código de identificación en planos | Número de polos | Distancia (m) | Carga (KVA) | Calibre Acometida | Constante de Regulación | Conductoresx Fase | Regulación Parcial % | Regulación Total % | Corriente Carga [A] | Corriente Carga al 125% [A] | Corriente conductor [A] | Protección | Selección mínimo o Tubería | % Ocupacion ducteria | ACOMETIDA |
|--|--|------------------------------------|-----------------|---------------|-------------|-------------------|-------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------------|------------|----------------------------|----------------------|---------------------|
| TRANSFORMADOR [TRF] 75KVA | TRANSFERENCIA AUTOMATICA [TRA] | A.1 | 3 | 40,0 | 75,00 | 4/0 CU | 4,41E-04 | 1 | 1,32 | 1,32 | 197 | 246 | 260 | 3x250 | 1Ø3" | 17,6% | 3x4/0+1x4/0+1x4T CU |
| GRUPO ELECTROGENO [GE] 75KVA | TRANSFERENCIA AUTOMATICA [TRA] | A.2 | 3 | 40,0 | 75,00 | 4/0 CU | 4,42E-04 | 1 | 1,33 | 1,33 | 197 | 246 | 260 | 3x250 | 1Ø3" | 17,6% | 3x4/0+1x4/0+1x4T CU |
| TRANSFERENCIA AUTOMATICA [TRA] | TABLERO GENERAL SALUD [TGS] | A.3 | 3 | 2,0 | 75,00 | 4/0 CU | 4,41E-04 | 1 | 0,07 | 1,39 | 197 | 246 | 260 | 3x250 | 1Ø3" | 17,6% | 3x4/0+1x4/0+1x4T CU |
| TABLERO GENERAL SALUD [TGS] | TABLERO HVAC [TAA] | A.4 | 3 | 10,0 | 22,00 | 4 CU | 1,83E-03 | 1 | 0,40 | 1,79 | 58 | 72 | 95 | 3x75 | 1Ø1-1/2" | 18,4% | 3x4+1x4+1x8T CU |
| TABLERO GENERAL SALUD [TGS] | ASCENSOR [ASC] | A.5 | 3 | 35,0 | 10,00 | 8 CU | 4,44E-03 | 1 | 1,55 | 2,94 | 26 | 33 | 55 | 3x30 | 1Ø1" | 18,8% | 3x8+1x8+1x10T CU |
| TABLERO GENERAL SALUD [TGS] | TABLERO CASILLAS [TCAS] | A.6 | 2 | 35,0 | 1,00 | 10 CU | 1,46E-02 | 1 | 0,51 | 1,90 | 5 | 6 | 40 | 2x20 | 1Ø3/4" | 15,0% | 2x10+1x10+1x12T CU |
| TABLERO GENERAL SALUD [TGS] | TABLERO GENERAL EQUIPOS HIDRAULICOS [TGEH] | A.7 | 3 | 10,0 | 15,00 | 8 CU | 4,36E-03 | 1 | 0,65 | 2,04 | 39 | 49 | 55 | 3x50 | 1Ø1" | 18,8% | 3x8+1x8+1x10T CU |
| UPS TABLERO GENERAL SALUD REGULADO [UPS] | TABLERO GENERAL SALUD [TGS] | A.8 | 3 | 10,0 | 10,00 | 8 CU | 4,32E-03 | 1 | 0,43 | 1,82 | 26 | 33 | 55 | 3x30 | 1Ø1" | 18,8% | 3x8+1x8+1x10T CU |
| TABLERO GENERAL SALUD [TGS] | COMPRESOR | A.12 | 1 | 3,0 | 2,00 | 10 CU | 4,37E-02 | 1 | 0,26 | 2,09 | 16 | 20 | 40 | 1x20 | 1Ø3/4" | 10,0% | 1x10+1x10+1x12T CU |

PROYECTO:
FACTIBILIDAD:

EDIFICIO SALUD UNIVERSIDAD NACIONAL SEDE PALMIRA
0

Ingeniero: Carlos A. Gonzalez

Firma:

Matricula: 205-39389

3.2 CALCULO DE REGULACIÓN EN BT, SELECCIÓN DE PROTECCIONES Y TUBERÍA

| Tramo Desde | Hasta | Número de polos | Distancia (m) | Carga (KVA) | Calibre Acometida | Constante de Regulación | Conductoresx Fase | Regulación Parcial % | Regulación Total % | Corriente Carga [A] | Corriente Carga al 125% [A] | Corriente conductor [A] | Protección | Selección mínimo ø Tubería | % Ocupacion ductaria | ACOMETIDA |
|-----------------------------|--------------------|-----------------|---------------|-------------|-------------------|-------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------------|------------|----------------------------|----------------------|--------------------|
| TABLERO GENERAL SALUD [TGS] | TABLERO HVAC [TAA] | 3 | 10,0 | 22,00 | 4 CU | 1,83E-03 | 1 | 0,40 | 2,32 | 58 | 72 | 95 | 3x75 | 1Ø1-1/2" | 18,4% | 3x4+1x4+1x8T CU |
| TABLERO HVAC [TAA] | UFPCV-01 | 2 | 6,0 | 10,00 | 6 CU | 5,71E-03 | 1 | 0,34 | 2,66 | 45 | 57 | 75 | 2x50 | 1Ø1-1/4" | 12,2% | 2x6+1x6+1x10T CU |
| UFPCV-01 | UFCCV-10 | 2 | 12,0 | 2,40 | 10 CU | 1,48E-02 | 1 | 0,43 | 3,09 | 11 | 14 | 40 | 2x20 | 1Ø3/4" | 15,0% | 2x10+1x10+1x12T CU |
| UFCCV-10 | UFCCV-09 | 2 | 5,0 | 1,80 | 10 CU | 1,49E-02 | 1 | 0,13 | 3,22 | 8 | 10 | 40 | 2x20 | 1Ø3/4" | 15,0% | 2x10+1x10+1x12T CU |
| UFCCV-09 | UFCCV-08 | 2 | 5,0 | 1,20 | 10 CU | 1,48E-02 | 1 | 0,09 | 3,31 | 5 | 7 | 40 | 2x20 | 1Ø3/4" | 15,0% | 2x10+1x10+1x12T CU |
| UFCCV-08 | UFCCV-07 | 2 | 5,0 | 0,60 | 10 CU | 1,47E-02 | 1 | 0,04 | 3,36 | 3 | 3 | 40 | 2x20 | 1Ø3/4" | 15,0% | 2x10+1x10+1x12T CU |
| UFPCV-01 | UFCCV-14 | 2 | 13,0 | 3,00 | 10 CU | 1,46E-02 | 1 | 0,57 | 3,23 | 14 | 17 | 40 | 2x20 | 1Ø3/4" | 15,0% | 2x10+1x10+1x12T CU |
| UFCCV-14 | UFCCV-13 | 2 | 5,5 | 2,40 | 10 CU | 1,44E-02 | 1 | 0,19 | 3,42 | 11 | 14 | 40 | 2x20 | 1Ø3/4" | 15,0% | 2x10+1x10+1x12T CU |
| UFCCV-13 | UFCCV-12 | 2 | 5,0 | 1,80 | 10 CU | 1,43E-02 | 1 | 0,13 | 3,55 | 8 | 10 | 40 | 2x20 | 1Ø3/4" | 15,0% | 2x10+1x10+1x12T CU |
| UFCCV-12 | UFCCV-11 | 2 | 5,0 | 1,20 | 10 CU | 1,42E-02 | 1 | 0,09 | 3,64 | 5 | 7 | 40 | 2x20 | 1Ø3/4" | 15,0% | 2x10+1x10+1x12T CU |
| UFCCV-11 | UFCCV-02 | 2 | 5,0 | 0,60 | 10 CU | 1,42E-02 | 1 | 0,04 | 3,68 | 3 | 3 | 40 | 2x20 | 1Ø3/4" | 15,0% | 2x10+1x10+1x12T CU |
| UFPCV-01 | UFCCV-02 | 2 | 14,0 | 4,20 | 6 CU | 5,71E-03 | 1 | 0,34 | 3,00 | 19 | 24 | 75 | 2x25 | 1Ø1-1/4" | 12,2% | 2x6+1x6+1x10T CU |
| UFCCV-02 | UFCCV-01 | 2 | 5,0 | 0,60 | 10 CU | 1,49E-02 | 1 | 0,04 | 3,04 | 3 | 3 | 40 | 2x20 | 1Ø3/4" | 15,0% | 2x10+1x10+1x12T CU |
| UFCCV-02 | UFCCV-06 | 2 | 13,0 | 3,00 | 10 CU | 1,46E-02 | 1 | 0,57 | 3,57 | 14 | 17 | 40 | 2x20 | 1Ø3/4" | 15,0% | 2x10+1x10+1x12T CU |
| UFCCV-06 | UFCCV-05 | 2 | 5,5 | 2,40 | 10 CU | 1,44E-02 | 1 | 0,19 | 3,76 | 11 | 14 | 40 | 2x20 | 1Ø3/4" | 15,0% | 2x10+1x10+1x12T CU |
| UFCCV-05 | UFCCV-04 | 2 | 5,0 | 1,80 | 10 CU | 1,43E-02 | 1 | 0,13 | 3,89 | 8 | 10 | 40 | 2x20 | 1Ø3/4" | 15,0% | 2x10+1x10+1x12T CU |
| UFCCV-04 | UFCCV-03 | 2 | 7,0 | 0,60 | 10 CU | 1,42E-02 | 1 | 0,06 | 3,95 | 3 | 3 | 40 | 2x20 | 1Ø3/4" | 15,0% | 2x10+1x10+1x12T CU |
| UFCCV-04 | UFCCV-03 | 2 | 7,0 | 0,60 | 10 CU | 1,42E-02 | 1 | 0,06 | 4,01 | 3 | 3 | 40 | 2x20 | 1Ø3/4" | 15,0% | 2x10+1x10+1x12T CU |
| TABLERO HVAC [TAA] | VS-02 | 1 | 23,0 | 0,10 | 12 CU | 6,95E-02 | 1 | 0,16 | 2,48 | 1 | 1 | 30 | 1x20 | 1Ø1/2" | 14,2% | 1x12+1x12+1x12T CU |
| TABLERO HVAC [TAA] | VS-01 | 1 | 30,0 | 0,20 | 12 CU | 7,23E-02 | 1 | 0,43 | 2,75 | 2 | 2 | 30 | 1x20 | 1Ø1/2" | 14,2% | 1x12+1x12+1x12T CU |
| TABLERO HVAC [TAA] | VE-01 | 2 | 35,0 | 0,50 | 12 CU | 2,37E-02 | 1 | 0,41 | 2,73 | 2 | 3 | 30 | 2x20 | 1Ø1/2" | 21,2% | 2x12+1x12+1x12T CU |
| TABLERO HVAC [TAA] | UCVR-01 | 3 | 38,0 | 13,00 | 4 CU | 1,77E-03 | 1 | 0,88 | 3,20 | 34 | 43 | 95 | 3x40 | 1Ø1-1/2" | 18,4% | 3x4+1x4+1x10T CU |

PROYECTO:
FACTIBILIDAD:

EDIFICIO SALUD UNIVERSIDAD NACIONAL SEDE PALMIRA
0

Ingeniero: Carlos A. Gonzalez

Firma:

Matricula: 205-39389

MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO

1. INTRODUCCIÓN

La resistividad es una propiedad física que caracteriza la capacidad de un material para conducir energía eléctrica, por lo tanto, en el caso del suelo, es un indicador de la capacidad de este para conducir y disipar la energía en desequilibrio proveniente de un sistema eléctrico (falla a tierra, sobre tensión atmosférica o de maniobra, carga electrostática).

Por el motivo anterior la resistividad del terreno es uno de los parámetros fundamentales en el cálculo y diseño de sistemas de puesta a tierra; un diseño bien elaborado debe partir por lo tanto de la medición del valor de resistividad o en su defecto de datos provenientes de estudios efectuados con anterioridad.

El presente informe tiene como objetivo presentar los resultados de las mediciones de resistividad de terreno efectuados en el área circundante a las estaciones en referencia, como requisito para el diseño del sistema de puesta a tierra de la subestación del proyecto EDIFICIO SALUD UNIVERSIDAD NACIONAL SEDE PALMIRA, ubicado en la UNIVERSIDAD NACIONAL SEDE PALMIRA, Bogotá D.C.

2. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

Con objeto de medir la resistividad del suelo para el presente proyecto se aplicó el Método de Wenner, en el cual se hace necesario insertar los 4 electrodos en el suelo. Los cuatro electrodos se colocan en línea recta y a una misma profundidad de penetración, las mediciones de resistividad dependerán de la distancia entre electrodos y de la resistividad del terreno, y por el contrario no dependen en forma apreciable del tamaño y del material de los electrodos, aunque sí dependen de la clase de contacto que se haga con la tierra.

El principio básico de este método es la inyección de una corriente directa o de baja frecuencia a través de la tierra entre dos electrodos C1 y C2 mientras que el potencial que aparece se mide entre dos electrodos P1 y P2. Estos electrodos están enterrados en línea recta y a igual separación entre ellos. La razón V/I es conocida como la resistencia aparente. La resistividad aparente del terreno es una función de esta resistencia y de la geometría del electrodo.

En la figura 1 se observa esquemáticamente la disposición de los electrodos, en donde la corriente se inyecta a través de los electrodos exteriores y el potencial se mide a través de los electrodos interiores. La resistividad aparente está dada por la siguiente expresión:

$$\rho := \frac{4 \pi \cdot A \cdot R}{\left[1 + \frac{2 \cdot A}{(A^2 + 4B^2)^{0.5}} \right] - \frac{2 \cdot A}{(4A^2 + 4B^2)^{0.5}}}$$

Donde

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

A : Distancia entre electrodos en metros.

B : Profundidad de enterrado de los electrodos en metros

R : Lectura del terrómetro en ohms.

Si la distancia enterrada (B) es pequeña comparada con la distancia de separación entre electrodos (A). O sea $A > 20B$, la siguiente fórmula simplificada se puede aplicar:

$$\rho := 2 \cdot \pi \cdot A \cdot R$$

En donde:

ρ es la resistividad del terreno en Ohm-m.

A es la distancia de separación entre los electrodos de medición.

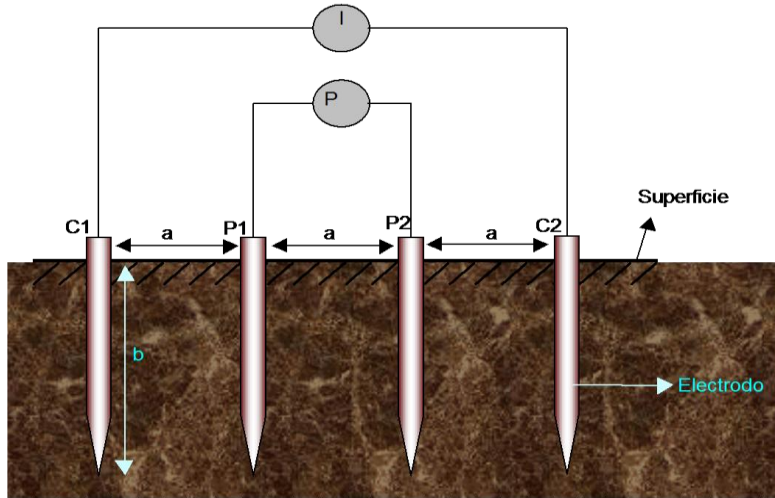
R es la resistencia medida en Ohm.

La resistividad obtenida como resultado de estas ecuaciones representa la resistividad promedio de un hemisferio de terreno de un radio igual a la separación de los electrodos.

Para el presente caso se efectuaron exploraciones para diferentes distancias de separación entre electrodos (2, 4, y 5 m), con una profundidad de enterramiento de 0.25 m con el fin de obtener un conjunto de valores que permitan promediar la resistividad media del terreno en estudio.

3. ESQUEMA DE CONEXIONES

El montaje utilizado para la medición de resistividad se ilustra en el siguiente diagrama:



Dónde:
C1 = Electrodo 1 de corriente.
P1 = Electrodo 1 de Potencial.

Figura 1 Montaje para medición de resistividad de terreno, aplicando el método de Wenner

4. EQUIPOS UTILIZADOS

Para las mediciones se utilizó el siguiente equipo:

o Herramientas menores.

o Analizador de Tierras Metrel Eurotest 61557 ML 2086

Se adjunta protocolo de calibración del equipo de medición.

5. RESULTADOS

Las mediciones efectuadas según el método descrito dieron como resultado un valor promedio de 20 Ohm-m. El conjunto completo de mediciones efectuadas se muestra en el protocolo de mediciones en el anexo 1.

De acuerdo a la tabla o de la IEEE 80 - 2000, este valor corresponde a un suelo de composición mezclada, en el presente caso material de relleno en las capas superiores y suelo negro y arcilloso natural en las capas inferiores.

Aprobó:

Ingeniero: Carlos A. Gonzalez

Firma:

Matricula: 205-39389

ESTUDIO DE RESISTIVIDAD DE SUELOS

| | |
|-------------------|--|
| CLIENTE | Universidad Nacional de Colombia |
| PROYECTO | EDIFICIO SALUD UNIVERSIDAD NACIONAL SEDE PALMIRA |
| CONTACTO | ARQUITECTO JULIO ARAGON |
| DIRECCION | UNIVERSIDAD NACIONAL SEDE PALMIRA |
| TELEFONOS | |
| FECHA DE MEDICION | 17/03/2017 |

CARACTERISTICAS DEL TERRENO

| | | | | | |
|-----------|---|--------|--|---------|--|
| ROCA: | | ARENA: | | ARCILLA | |
| ORGANICO: | X | OTRO | | | |

ESTADO SUPERFICIAL DEL TERRENO

| | | | |
|-------|---|---------|--|
| SECO: | X | HUMEDO: | |
|-------|---|---------|--|

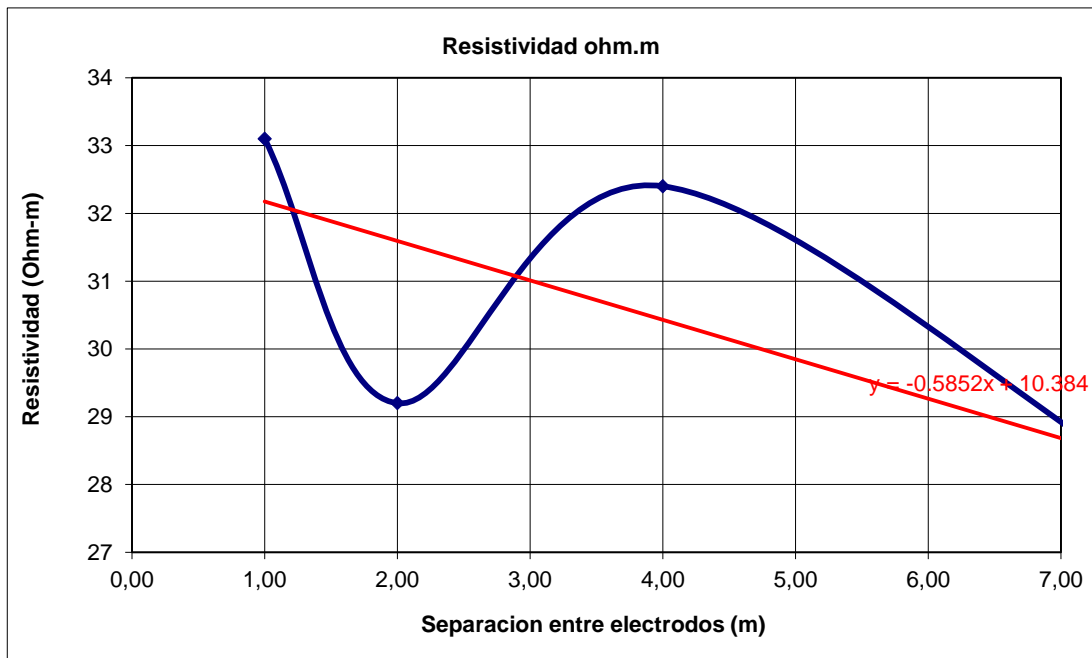
EQUIPO DE MEDICION

| | | | | | |
|--------|---|------|--|----------|--|
| METREL | X | AEMC | | KIORITSU | |
| OTRO | | | | | |

* SE EMPLEO EL METODO DE WENER PARA EFECTUR LA MEDICION

RESUMEN DE LECTURAS

| Profundidad exploracion (m) | Separacion electrodos (m) | Sentido N-S | | Sentido E-O | | |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------|-------|--------------------|--------------------------|--------------|
| | | Resistividad [Ω-m] | [Ω-m] | Resistividad [Ω-m] | Resistividad media [Ω-m] | |
| 0,25 | 1,00 | 33,10 | | 25,00 | 29,05 | |
| 0,25 | 2,00 | 29,20 | | 31,20 | 30,20 | |
| 0,25 | 4,00 | 32,40 | | 27,90 | 30,15 | |
| 0,25 | 8,00 | 27,60 | | 28,30 | 27,95 | |
| | | | | | PROMEDIO | 28,72 |



RESPONSABLE DE LA MEDICION

CARLOS A. GONZALEZ

1. DESCRIPCIÓN GENERAL

El presente estudio contiene el diseño del sistema de puesta a tierra para estación de Transmilenio de la Calle 6 con Carrera 18. Teniendo en cuenta las características del proyecto, el sistema de puesta a tierra cumple en este caso las funciones básicas de seguridad para personas y equipos ante fallas a tierra, garantizar la correcta operación de las protecciones (interruptores automáticos, DPSs), absorber la posible acumulación de carga electrostática en la estructura metálica y servir de referencia a los equipos electrónicos. La subestación se ubica en el exterior estación y en uno de sus extremos, en el punto donde no hay acceso de público.

El diseño de una malla a tierra está afectado por las siguientes variables:

- o Corriente de cortocircuito calculada para el punto de diseño
- o Tiempo máximo de despeje de la falla
- o Resistividad del terreno
- o Resistividad de la capa superficial de la malla de tierra
- o Profundidad de instalación de la malla
- o Configuración de la malla
- o Conductor de la malla
- o Tensión Permisible de Paso
- o Tensión Permisible de contacto

El presente informe contiene las memorias de cálculo del Sistema de Puesta a Tierra para el proyecto en referencia, aplicando las metodologías de cálculo establecidas en el estándar IEEE 80 - 2000.

2. DATOS PRELIMINARES

Con el fin de efectuar el diseño del sistema de puesta a tierra empleando los procedimientos de cálculo de la IEEE 80 - 2000 se requiere conocer los siguientes parámetros básicos:

2.1 Corriente de falla en el punto de diseño.

El valor de las tensiones de paso y de contacto que se presentan en un sistema de puesta a tierra en caso de una falla depende directamente del porcentaje de corriente de falla que circula por la malla de tierra, por lo tanto, determinar cual es el tipo y la localización de la falla que produce la máxima circulación de corriente por la malla es un paso fundamental en el diseño de un sistema de puesta a tierra. La alimentación del proyecto será en media tensión, por lo tanto se toma una corriente de falla promedio de A.

2.1 Tiempo de despeje de la falla dado por las protecciones en media tensión.

La duración de la corriente de falla para el presente caso depende de la velocidad de operación de las protecciones en baja tensión, de acuerdo con la tabla 22 del RETIE para una tensión de contacto admisible de 300 V se tiene un tiempo de despeje de la falla de 150 ms.

2.3 Resistividad del terreno.

La resistividad de terreno un parámetro que caracteriza la capacidad de este para conducir y disipar la energía eléctrica, por lo tanto es un parámetro fundamental en el diseño del sistema de puesta a tierra.

El valor de la resistividad es un parámetro que se obtiene mediante medición aplicando algún método apropiado como es el caso del método de Wenner. Los valores medidos se muestran en el anexo 1.

Aplicando el modelo de promedio se obtiene un valor de Ohm-m.

2.4 Resistividad de la capa superficial.

La utilización de capas superficiales sobre la malla de tierra con materiales de alta resistividad, tales como gravilla, incrementa la resistencia de contacto entre el suelo y el pie de las personas, dando como resultado tensiones superficiales menores. Para el presente se considera una capa superficial compuesta por el recebo de relleno de la zona, con resistividad de 3000 Ohm-m y un espesor de 30 cm.

3. CALCULO DEL TAMAÑO DEL CONDUCTOR DE MALLA

El tamaño del conductor de tierra requerido es función de la corriente circulando por el mismo, pueden ser obtenidas aplicando la ecuación 40 de la IEEE 80 - 2000, derivada de las ecuaciones de Sverak, tal como se muestra a continuación:

$$A_{mm^2} = I * \left(\frac{1}{\sqrt{\left(\frac{TCAP * 10^{-4}}{t_c * \alpha_r * \rho_r} \right) * \ln \left(\frac{K_a + T_m}{K_o + T_a} \right)}} \right)$$

Amm2 = sección transversal del conductor (mm2)

I = corriente simétrica de cortocircuito (A)

TCAP = capacidad térmica por unidad de volumen de la tabla (J/cm3 °C)

tc = duración de la corriente de falla (s)

αr = coeficiente térmico de resistividad a temperatura de referencia Tr (1/°C)

ρr = resistividad del conductor de tierra a la temperatura de referencia Tr (μohm-cm)

Ko = 1/αo o (1/αr)-Tr (°C)

Tm = temperatura máxima tolerable (°C)

Ta = temperatura ambiente (°C)

Tr = temperatura de referencia para las constantes del material (°C)

Las constantes anteriores se encuentran consignadas en la Tabla 1 de la IEEE 80 – 2000, para diferentes materiales conductores. Para el caso en estudio el valor de estas constantes es el siguiente, asumiendo un conductor de cobre comercial estirado duro:

El cálculo del conductor requerido se muestra en el anexo 3.

Para el presente caso se utilizara un conductor de cobre desnudo calibre 2/0 AWG para garantizar condiciones optimas de resistencia mecánica a esfuerzos electromecánicos, aumentar la vida útil del conductor y garantizar bajos gradientes de potencial.

4. CRITERIOS DE TENSION DE TOQUE Y TENSION DE PASO

La seguridad de una persona depende de la prevención de la cantidad crítica de energía de choque absorbida antes de que la falla sea despejada y que el sistema sea desenergizado. La máxima tensión transferida (tensión de toque y tensión de paso) de cualquier circuito energizado accidentalmente no debe exceder los límites definidos a continuación:

$$E_{CONTACTO \ 50KG} = (1000 + 1.5 * C_s * \rho_s) * \frac{0.116}{\sqrt{t_s}}$$

$$E_{CONTACTO \ 70KG} = (1000 + 1.5 * C_s * \rho_s) * \frac{0.157}{\sqrt{t_s}}$$

$$E_{PASO \ 50KG} = (1000 + 6 * C_s * \rho_s) * \frac{0.116}{\sqrt{t_s}}$$

$$E_{PASO \ 70KG} = (1000 + 6 * C_s * \rho_s) * \frac{0.157}{\sqrt{t_s}}$$

En donde:

Cs = factor de reducción de la capa superficial

ρs = resistividad de la capa superficial (ohm.m)

ts = duración de corriente de shock (s)

Cuando no se emplea una capa de protección superficial Cs = 1.

5. CONFIGURACION DE SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DISEÑADO

El diseño preliminar del sistema de puesta a tierra debe incluir un anillo conductor perimetral que rodee el área a aterrizar, empleando los conductores más adecuados conductores para proveer un conveniente acceso para los equipos a conectar a tierra etc.

La estimación inicial de la distancia de separación entre conductores y la localización de los electrodos debe basarse en la máxima corriente de malla IG y el área a ser aterrizada.

La configuración del sistema de puesta a tierra diseñado se presenta en los anexos 4 y 4a.

6. CALCULO DE LA RESISTENCIA DE MALLA

El valor de la resistencia de un sistema de puesta a tierra puede ser determinado por la aplicación de las ecuaciones de Schwarz, definidas en el artículo 14.3 de la IEEE 80 – 2000.

La resistencia total Rg combina la resistencia de los electrodos, la resistencia de los conductores de la malla y la resistencia mutua entre estos elementos:

$$R_g = \frac{R_1 * R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2 * R_m}$$

Rg = resistencia de puesta a tierra de la malla (ohm)

R1 = resistencia a tierra de los conductores de malla (ohm) (Ec 54 IEEE 80 - 2000) (ohm)

R2 = resistencia a tierra de todos los electrodos de la malla (ohm) (Ec 55 IEEE 80 - 2000) (ohm)

Rm = resistencia a tierra mutua entre el grupo de conductores y el grupo de electrodos de la malla (ohm) (Ec 56 IEEE 80 - 2000) (ohm)

Para mallas de tierra sin electrodos se puede aplicar la siguiente expresión resumida para el cálculo de la resistencia total, obteniendo un alto grado de precisión:

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

En donde:

Rg = resistencia de puesta a tierra de la malla (ohm)

ρ = resistividad del suelo (ohm-m)

LT = longitud total de conductores enterrados (m)

A = área ocupada por la malla enterrada (m²)

h = profundidad de enterramiento de la malla (m)

El valor de resistencia de puesta a tierra calculado para la configuración propuesta se muestra en el anexo 5.

7. CORRIENTE DE MALLA

Para prevenir un sobredimensionamiento del sistema de puesta a tierra, únicamente una porción de la corriente de falla, que fluye a través de la grilla a tierra remota debe ser usada en el diseño. Sin embargo la corriente de malla debe considerar el peor tipo de falla que pueda presentar, la localización y las posibles expansiones del sistema.

Un valor de diseño para la máxima corriente de falla que circula por la malla puede estimarse como se indica a continuación:

$$I_G = S_f * D_f * I_f$$

En donde:

IG = Corriente máxima de malla (A)

Sf = factor de división de corriente de falla

Df = factor decremental para la duración completa de la falla

If = Corriente simétrica monofásica de falla a tierra (A)

De la ecuación anterior se tiene:

$$I_f = D_f * I_f$$

En donde:

If = Corriente de falla asimétrica monofásica (A)

Df = factor decremental para la duración completa de la falla

If = Corriente simétrica monofásica de falla a tierra (A)

Para el presente caso los valores de IG, IF, Df y Sf calculados mediante las ecuaciones anteriores y la metodología de la IEEE 80 – 2000, Art. 15, son los siguientes:

El valor de corriente de malla calculado para el sistema diseñado se muestra en el anexo 5.

8. CALCULO DEL VALOR DEL GPR

La elevación de potencial de tierra GPR de un diseño preliminar debe ser menor que el valor de tensión de toque tolerable, si esta condición se cumple desde un principio no se requiere posteriores análisis, solo se requieren conductores adicionales para proveer conexiones a tierra a los equipos existentes.

El valor de GPR esta dado por:

$$GPR = I_G * R_g$$

En donde:

GPR = elevación de potencial de tierra (V)

IG = Corriente máxima de malla (A)

Rg = resistencia de puesta a tierra de la malla (ohm)

El valor de GPR calculado para el proyecto se muestra en el anexo 5.

9. CALCULO DE LA TENSIONES DE MALLA Y LA TENSION DE PASO PARA LA MALLA DISEÑADA

El calculo de las tensiones de malla y paso para la malla diseñada puede ser efectuado mediante las técnicas descritas en el Art. 16.5 de la IEEE 80 – 2000 para un suelo uniforme, o por el empleo de métodos y técnicas computacionales mas precisas.

Para efectos del presente estudio se efectuaran los cálculos mediante la aplicación de las ecuaciones del artículo 16.5 de la IEEE 80 – 2000.

9.1 Tensión de malla

La tensión de malla se obtiene como el producto de un factor geométrico, Km, un factor correctivo, Ki, el cual tiene en cuenta algunos errores introducidos por las suposiciones hechas para derivar el factor Km, la resistividad del suelo, ρ, y la corriente promedio por unidad de longitud efectiva de conductor enterrando, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$E_m = \frac{\rho * k_m * k_i * I_G}{L_M}$$

En donde:

Em = Tensión de malla (V)

ρ = resistividad del terreno (ohm.m)

Km = factor de espaciamiento para tensión de malla (ecuación 81 IEEE 80 – 2000)

Ki = Factor de corrección por la geometría de la malla (ecuación 89 IEEE 80 – 2000)

IG = Corriente máxima de malla (A)

LM = longitud efectiva de conductores horizontales y electrodos verticales para tensión de contacto (m) (ecuación 91 IEEE 80 – 2000).

9.1 Tensión de malla

La tensión de paso es obtenida como el producto de un factor geométrico Ks, un factor correctivo Ki, la resistividad del suelo, ρ, y la corriente promedio por unidad de conductor enterrado, como se indica a continuación:

$$E_s = \frac{\rho * k_s * k_i * I_G}{L_s}$$

En donde:

Es = Tensión de paso (V)

ρ = resistividad del terreno (ohm.m)

Ks = factor de espaciamiento para tensión de paso (ecuación 94 IEEE 80 – 2000)

Ki = factor de corrección por la geometría de la malla (ecuación 91 IEEE 80 – 2000)

IG = Corriente máxima de malla (A)

Ls = longitud efectiva de conductores horizontales y electrodos verticales para tensión de paso (m) (ecuación 93 IEEE 80 – 2000).

10. COMPARACIÓN DE LAS TENSIONES CALCULADAS PARA EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DISEÑADO DISEÑADA CON LAS TENSIONES MAXIMAS TOLERABLES POR EL SER HUMANO

Si tanto la tensión de toque (malla) como la tensión de paso calculadas para el sistema de puesta a tierra diseñado son menores que las tensiones tolerables, se pueden garantizar las condiciones de seguridad para las personas.

Los cálculos de las tensiones de paso y contacto máximas tolerables y los correspondientes valores que se presentaran en el sistema de puesta a tierra diseñado se muestran en el anexo 6.

La comparación de las tensiones de paso y contacto máximas tolerables con los correspondientes calculados para el sistema de puesta a tierra diseñado se presentan en la grafica de perfiles de potencial del anexo 7.

11. CRITERIO DE DISEÑO POR VALOR DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

Aunque el valor de resistencia de puesta a tierra por si mismo no garantiza un diseño correcto y eficiente, pues no existe una relación directa entre la resistencia del sistema de tierra completo y la máxima corriente de choque a la cual una persona puede ser expuesta

Sin embargo teniendo en cuenta las consideraciones del RETIE, ART. 15, se compara el valor de la resistencia de puesta a tierra calculado mediante los procedimientos anteriores con el valor recomendado en la tabla 12 de dicho reglamento.

El valor de resistencia de puesta a tierra calculado para la malla diseñada es de 0.45 Ohm. El valor máximo recomendado por el RETIE Tabla 25 es de 25 Ohm para neutro de acometidas de baja tensión, por lo cual el diseño propuesto cumple también con este criterio.

12. COMPLEMENTACION DEL DISEÑO Y ESPECIFICACIONES

1. Los electrodos de puesta a tierra deben cumplir con los requisitos de la tabla 23 del RETIE, Art. 15.3.1.
2. Cada electrodo debe quedar enterrado en su totalidad y debe ser como mínimo de 1.2 m de longitud.
3. El conductor del electrodo de puesta a tierra debe cumplir con las especificaciones de la tabla 24 del RETIE, Art. 15.3.2.
4. El conductor de protección o puesta a tierra de equipos, debe seleccionarse de acuerdo con la Tabla 250-95 de la NTC 2050.
5. Todas las conexiones deberán efectuarse mediante soldaduras exotermicas o conectores certificados para enterramiento directo.
6. Se deben dejar puntos de inspección y medición del sistema de puesta a tierra mediante una caja en mampostería de 30x30 cm, con marco y tapa con manija; los puntos de inspección serán los siguientes: uno en el sistema de puesta a tierra de la subestación y uno para cada electrodo auxiliar.

Aprobó:

Ingeniero: Carlos A. Gonzalez

Firma:

Matricula: 205-39389

3.3 CÁLCULO DE MALLA DE PUESTA A TIERRA - IEEE 80

PROYECTO: EDIFICIO SALUD UNIVERSIDAD NACIONAL SEDE PALMIRA FACTIBILIDAD: 0

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 | 28,72 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 | 3000 Corriente de falla monofasica a tierra en el primario (A) al 60% dada por CODENSA |
| t_s | 0,15 Tiempo de despeje de la falla (s) dado por CODENSA |

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= 6,93 | mm2 |
| Se escoge cable cobre N° | 2/0 | AWG |
| Ac= | 67,44 mm2 | Seccion transversal del conductor |
| d= | 0,01 m | Diámetro conductor |

TENSIONES DE PASO Y CONTACTO MAXIMAS TOLERABLES

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

| | | |
|------------------------------|--------------|-----------------------------------|
| Cs= | 0,849 | Factor de Relación (adimensional) |
| Peso de la persona Kg | 50 | 0,116 |
| Tensión de paso | | |

$$E_{step50} = (1000 + 6C_s \cdot \rho_s) \frac{0.116}{\sqrt{t_s}} \quad E_{step70} = (1000 + 6C_s \cdot \rho_s) \frac{0.157}{\sqrt{t_s}} \quad (30)$$

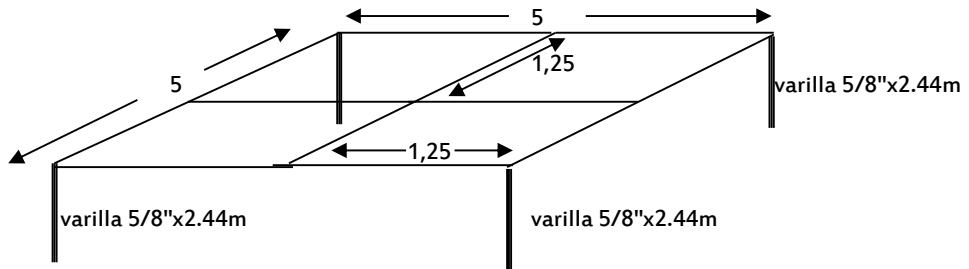
Tensión de contacto

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

Cs = 1 Para terrenos sin grava

Vpaso = 4876,19 V Tolerables
 Vcontacto = 1443,68 V Tolerables

DETERMINACION CONFIGURACION INICIAL



D= 1,25 Lado de la cuadrícula o espaciamiento entre conductores(m)
 L1= 5 Largo de la malla (m)
 L2= 5 Ancho de la malla (m)
 h= 0,6 profundidad de enterramiento de los conductores (m)
 N= 8 Numero de electrodos tipo varilla
 Lv= 2,44 Longitud del electrodo tipo varilla (m)

$$L_T = L_C + N * L_V (m) \quad \text{Longitud total del conductor para mallas cuadradas o rectangulares}$$

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

Lc= 50 m
 Lt= 69,52 m
 Área= 25 M²

CALCULO DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

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

Rg= 2,80 Ohm

CALCULO MAXIMO POTENCIAL DE TIERRA (GPR)

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

$$I_G = 5700 \quad A$$

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

$$GPR = 15972,53 \quad V$$

$$V_{\text{contacto}} = 1443,68 \quad V \quad \text{Tolerable}$$

$$V_{\text{contacto}} < GPR$$

CALCULO DE TENSION DE MALLA EN CASO DE FALLA

| | | |
|------------------|------|--|
| h= | 0,6 | Profundidad de enterramiento de los conductores (m) |
| D= | 1,25 | lado de la cuadrícula o espaciamiento entre conductores(m) |
| L ₁ = | 5 | Largo de la malla (m) |
| L ₂ = | 5 | Ancho de la malla (m) |

Conductor calibre 2/0 AWG

| | | |
|--|-----------------------|--|
| Ac= | 67,44 mm ² | 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 = (L ₁ +L ₂)*2 (m) | | Para mallas cuadradas o rectangulares |

$$L_p = 20 \quad m$$

n Factor de geometría

$$n = n_a * n_b * n_c * n_d \quad (84)$$

$$n_a = \frac{2 * L_c}{L_p} \quad n_a = 5,000 \quad (85)$$

$$n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4 * \sqrt{A}}} \quad n_b = 1,000 \quad (86)$$

$$n_c = \left(\frac{L_1 * L_2}{A} \right)^{\left(\frac{0.7 * A}{L_1 * L_2} \right)} \quad n_c = 1,0 \quad (87)$$

$$n_c = n_d = 1 \quad \text{Para mallas rectangular o cuadrada; entonces:}$$

$$n = 5,000$$

$$K_1 = 0.644 + 0.148 * n \quad \text{Factor de corrección} \quad (89)$$

$$K_1 = 1,384$$

$$K_h = \sqrt{1 + h} \quad (83)$$

$$K_h = 1,265$$

$$K_m = \frac{1}{2\pi} * \left[\ln \left[\frac{D^2}{16 * h * d} + \frac{(D + 2 * h)^2}{8 * D * d} - \frac{h}{4 * d} \right] + \frac{K_{ii}}{K_h} * \ln \left[\frac{8}{\pi * (2 * n - 1)} \right] \right] \quad (81)$$

$$K_m = 0,4962 \quad \text{Factor Geométrico}$$

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

$$V_{\text{malla}} = 1270,68 \text{ V}$$

$$V_{\text{contacto tolerable}} = 1443,68 \text{ V} \quad \text{Tolerable}$$

$$V_{\text{malla}} < V_{\text{contactoTolerable}}$$

CUMPLE

CALCULO DE LA TENSION DE PASO EN FALLA

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

$$K_s = 0,660$$

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

$$V_{\text{PASO}} = 2765,00 \text{ V}$$

$$V_{\text{paso tolerable}} = 4876,19 \text{ V}$$

$$V_{\text{paso}} < V_{\text{pasotolerable}}$$

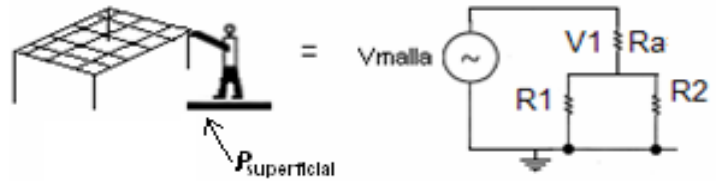
CUMPLE

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= | 5 | Largo de la malla (m) |
| L2= | 5 | 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) |

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 $= 3\rho_s$

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

$$\rho_s = 3000$$

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

$$R_b = 4500 \text{ Ohm} \quad V_{malla} = 1270,68 \text{ V}$$

$$V_1 = 231 \text{ V}$$

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 $T_s = 0,15$

Ingeniero: Carlos A. Gonzalez

Firma:


Matricula: 205-39389

3.5 ANALISIS DE RIESGO ELÉCTRICO

En el sistema eléctrico del proyecto Edificio Exploratorio Jorge Eliecer Gaitan existen diferentes instalaciones eléctricas que pueden estar sujetas a factores de riesgo tales como arcos eléctricos, ausencia de electricidad, contactos directos, contactos indirectos, cortocircuito, electricidad estática, equipos defectuosos, rayos sobrecarga, tensiones de contacto y de paso.


Teniendo en cuenta las características del proyecto y el nivel de tensión, estos factores podrían representar una gravedad alta para las personas que se vean expuestas a estos factores, sin embargo la frecuencia de que estos factores ocurran puede ser ocasional, de manera que al evaluar el riesgo se tiene:

| Riesgo a evaluar: | Por: | En: |
|-------------------|--|---|
| Arcos Electricos | Malos Contactos, cortocircuitos, manipulación indebida de equipos de medida, descuidos en los trabajos de mantenimiento. | Celdas de M.T., Tablero General de Acometidas, Armarios de Medidores, Tableros de Distribución. |

| C O N S E C U E N C I A S | POTENCIAL  | | REAL <input type="checkbox"/> | | FRECUENCIA | | | | | |
|---|---|--|-------------------------------|----------------------------|------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|--|--|
| | 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 regional. 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 |

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado dos (2) aspectos en bajo y dos (2) en medio podemos asumir que el riesgo de arco eléctrico es medio y por lo tanto se recomienda:


| COLOR | NIVEL DE RIESGO | DECISIONES A TOMAR Y CONTROL | PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS |
|---|-----------------|---|---|
| | Muy alto | <i>Inadmisibles 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: • ¿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. |

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:


- Identificar las distancias de seguridad requeridas según el nivel de tensión

| Riesgo a evaluar: | Por: | En: |
|--------------------------|---|-------------|
| Ausencia de Electricidad | Apagón o corte del servicio, no disponer un sistema ininterrumpido de potencia. | Subestación |

| | POTENCIAL  | | | REAL <input type="checkbox"/> | | FRECUENCIA | | | | |
|---------------|---|---|---------------------------|-------------------------------|---|------------|-------|-------|-------|----------|
| | En personas | Económicas | Ambientales | En la imagen de la empresa | | E | D | C | B | A |
| 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 |
| | Molesta funcional (afecta rendimiento laboral) | Daños leves. No interrupción | Sin efecto | Interna | 1 | MUY BAJO | BAJO | BAJO | BAJO | MEDIO |

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado que todos los aspectos evaluados están en bajo podemos determinar que el riesgo de ausencia de electricidad es bajo y por lo tanto se recomienda:


| 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 del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle? |
| | Muy bajo | Vigilar posibles cambios | No afecta la secuencia de las actividades. |

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:


- Se tiene suplencia total para el sistema eléctrico

| Riesgo a evaluar: | Por: | En: |
|-------------------|---|--|
| Contacto Directo | Violación de las distancias de seguridad, negligencia de técnicos | Celdas de M.T., transformador, Tablero General de Acometidas, Armarios de Medidores, Tableros de Distribución. |

| | POTENCIAL  | | | | REAL <input type="checkbox"/> | | | | | FRECUENCIA | | | | | |
|---------------|---|---------------------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| | 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 | | | | | |
| CONSECUENCIAS | Una o más muertes | Daño grave en infraestructura | 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 | ALTO | | | | | |
| | Molestia funcional (afecta rendimiento laboral) | Daños leves, No interrupción | Sin efecto | Interna | 1 | MUY BAJO | BAJO | BAJO | BAJO | ALTO | | | | | |

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado un aspecto en alto, uno en medio y dos en bajo podemos determinar que el riesgo de contacto directo es medio y por lo tanto se recomienda:


| 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 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. |

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:






- Identificar las distancias de seguridad requeridas según el nivel de tensión
- Se dispusieron elementos de señalización y obstáculo en las partes activas o energizadas en tableros y transformadores
- Se realizó diseño del sistema de puesta a tierra

| Riesgo a evaluar: | Por: | En: |
|--------------------|--|--|
| Contacto Indirecto | Fallas de aislamiento, mal mantenimiento | Celdas de M.T., transformador, Tablero General de Acometidas, Armarios de Medidores, Tableros de Distribución. |

| C O N S E C U E N C I A S | POTENCIAL  | | REAL <input type="checkbox"/> | | FRECUENCIA | | | | | |
|---|---|--|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|--|--|----------|
| | 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 |

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado un aspecto medio y tres en bajo podemos determinar que el riesgo de contacto indirecto es bajo y por lo tanto se recomienda:


| 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 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. |

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:






- Identificar las distancias de seguridad requeridas según el nivel de tensión
- Se realizó un diseño equipotencial al sistema eléctrico
- Se realizó diseño del sistema de puesta a tierra

| | | |
|--------------------------|---|--|
| Riesgo a evaluar: | Por: | En: |
| Cortocircuito | Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, equipos defectuosos | Celdas de M.T., transformador, Tablero General de Acometidas, Armarios de Medidores, Tableros de Distribución. |

| POTENCIAL  | | REAL <input type="checkbox"/> | | FRECUENCIA | | | | | | |
|---|---|---|---------------------------|----------------------------|---|----------|-------|-------|-------|----------|
| | En personas | Económicas | Ambientales | En la imagen de la empresa | | E | D | C | B | A |
| 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 |
| | | | | | | | | | | |

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado dos aspectos en medio y dos en bajo podemos determinar que el riesgo por cortocircuito es medio y por lo tanto se recomienda:


| COLOR | NIVEL DE RIESGO | DECISIONES A TOMAR Y CONTROL | PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS |
|---|-----------------|---|--|
|  | Muy alto | Inadmisble 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 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. |

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:






- Se especificó la instalación de interruptores automáticos
- Se realizó la coordinación de protecciones del sistema eléctrico

| Riesgo a evaluar: | Por: | En: |
|-----------------------|--|---|
| Electricidad Estática | Unión y separación constante de materiales | Celdas de M.T., Tablero General de Acometidas, Armarios de Medidores, Tableros de Distribución. |

| POTENCIAL  | | REAL <input type="checkbox"/> | | FRECUENCIA | | | | | | |
|---|---|---|---------------------------|----------------------------|---|----------|-------|-------|-------|----------|
| | En personas | Económicas | Ambientales | En la imagen de la empresa | | E | D | C | B | A |
| 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 |
| | | | | | | | | | | |

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado todos los aspectos en nivel bajo podemos determinar que el riesgo por electricidad estatica es bajo y por lo tanto se recomienda:


| 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 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. |

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:






- Se realizó un diseño equipotencial al sistema eléctrico
- Se realizó diseño del sistema de puesta a tierra

| Riesgo a evaluar: | Por: | En: |
|-------------------|---|--|
| Equipo Defectuoso | Mal mantenimiento, mala utilización, mala instalación | Celdas de M.T., transformador, Tablero General de Acometidas, Armarios de Medidores, Tableros de Distribución. |

| C O N S E C U E N C I A S | POTENCIAL  | | | REAL <input type="checkbox"/> | FRECUENCIA | | | | | |
|---|---|--|---------------------------|-------------------------------|------------|----------|-------|-------|-------|----------|
| | En personas | Económicas | Ambientales | En la imagen de la empresa | E | D | C | B | A | |
| | Una o más muertes | Daño grave en infraestructura 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 |

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado un aspecto en nivel alto, dos en medio y uno en bajo podemos determinar que el riesgo por equipo defectuoso es medio y por lo tanto se recomienda:


| 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 del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle? |
|  | Muy bajo | Vigilar posibles cambios | No afecta la secuencia de las actividades. |

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:






- Recomendación de mantenimientos preventivos a los equipos instalados
- Seguir las normas técnicas para la instalación y mantenimiento de los equipos

| Riesgo a evaluar: | Por: | En: |
|-------------------|--|--|
| Rayos | Fallas en operación, mantenimiento del sistema de protección | Transformador, Tablero General de Acometidas, Armarios de Medidores. |

| POTENCIAL  | | REAL <input type="checkbox"/> | | FRECUENCIA | | | | | | |
|---|---|--|---------------------------|----------------------------|---|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|--|--|
| C O N S E C U E N C I A S | 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 |

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado dos aspectos en nivel medio y dos en bajo podemos determinar que el riesgo por rayos es medio y por lo tanto se recomienda:


| 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 del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle? |
|  | Muy bajo | Vigilar posibles cambios | No afecta la secuencia de las actividades. |

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:






- La instalación de DPS en la entrada de la red de M.T. y tableros principales y secundarios
- Se realizó un diseño equipotencial al sistema eléctrico
- Se realizó diseño del sistema de puesta a tierra
- Se realizó diseño de apantallamiento nivel IV según electro-geometría

| Riesgo a evaluar: | Por: | En: |
|-------------------|--|--|
| Sobrecarga | Armonicos, superar los niveles de tension de los equipos, mala instalacion electrica | Celdas de M.T., transformador, Tablero General de Acometidas, Armarios de Medidores, Tableros de Distribución. |

| | POTENCIAL  | | | REAL <input type="checkbox"/> | | FRECUENCIA | | | | |
|---|---|---|---------------------------|-------------------------------|----------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|--|--|
| | En personas | Económicas | Ambientales | En la imagen de la empresa | | E | D | C | B | A |
| C O N S E C U E N C I A S | | | | | | 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 | |

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado un aspecto en nivel medio y tres en bajo podemos determinar que el riesgo por sobrecarga es bajo y por lo tanto se recomienda:


| 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 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. |

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:






- La instalación de DPS en la entrada de la red de M.T. y tableros principales y secundarios
- Se especificó la instalación de interruptores automáticos
- Se realizó la coordinación de protecciones del sistema eléctrico

| Riesgo a evaluar: | Por: | En: |
|---------------------|---|--|
| Tensión de contacto | Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad | Celdas de M.T., transformador, Tablero General de Acometidas, Armarios de Medidores. |

| | POTENCIAL  | | | REAL <input type="checkbox"/> | | FRECUENCIA | | | | |
|---|---|--|---------------------------|-------------------------------|---|------------|-------|-------|-------|----------|
| | En personas | Económicas | Ambientales | En la imagen de la empresa | | E | D | C | B | A |
| C O N S E C U E N C I A S | 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 |

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado un aspecto en nivel alto, uno en medio y dos en bajo podemos determinar que el riesgo por tensión de contacto es medio y por lo tanto se recomienda:

| COLOR | NIVEL DE RIESGO | DECISIONES A TOMAR Y CONTROL | PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS |
|---|-----------------|---|---|
|  | Muy alto | Inadmisible 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 del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle? |
|  | Muy bajo | Vigilar posibles cambios | No afecta la secuencia de las actividades. |

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:

- Se realizó un diseño equipotencial al sistema eléctrico
- Se realizó diseño del sistema de puesta a tierra
- Se construyó la subestación sobre un material de alta resistividad como el concreto

| Riesgo a evaluar: | Por: | En: |
|-------------------|--|--|
| Tensión de Paso | Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas | Celdas de M.T., transformador, Tablero General de Acometidas, Armarios de Medidores. |

| | POTENCIAL | | | REAL <input type="checkbox"/> | | FRECUENCIA | | | | |
|---------------|--|--|---------------------------|-------------------------------|---|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|--|--|
| | 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 |
| CONSECUENCIAS | Una o más muertes | Daño grave en infraestructura 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 |
| | Molesta funcional (afecta rendimiento laboral) | Daños leves, No interrupción | Sin efecto | Interna | 1 | MUY BAJO | BAJO | BAJO | BAJO | MEDIO |

Evaluación del Riesgo:

Obteniendo como resultado un aspecto en nivel alto, uno en medio y dos en bajo podemos determinar que el riesgo por tensión de paso es medio y por lo tanto se recomienda:

| 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 del trabajo debe verificar: • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle? |
| | Muy bajo | Vigilar posibles cambios | No afecta la secuencia de las actividades. |

Medidas de Protección:

Para el proyecto se tomaron las siguientes medidas de protección:

- Se realizó un diseño equipotencial al sistema eléctrico
- Se realizó diseño del sistema de puesta a tierra
- Se construyó la subestación sobre un material de alta resistividad como el concreto

Considerando que hay un riesgo medio se debe mencionar que existen medidas implementadas en el sistema eléctrico que contribuyen a reducir la presencia de los factores de riesgo ya mencionados tales como el sistema de puesta a tierra, protección contra sobretensiones y áreas técnicas aisladas que cumplen con las respectivas distancias de seguridad especificadas en la norma.