

MEMORIA DE CÁLCULO DE MALLA DE TIERRA DE M.T./B.T.

(MALLA EQUIPOTENCIAL)

OBRA : **APR DE LAGUNA DE TENO - S/E 45 KVA**
UBICACION : **CAMINO A LA MONTAÑA, SECTOR LAGUNA DE TENO**
CALCULISTAS : **JORGE ENRIQUE RAMÍREZ GUERRA,
ENRIQUE SIMA RAMÍREZ LEIVA**

1.- CONFIGURACIÓN GEO-ELÉCTRICA DEL TERRENO

PROFUNDIDAD DE ENTERRAMIENTO : 0,6 m.
NÚMERO DE CAPAS : 3

Ro 1 =	800,0	ohm-m.	ESP 1 =	0,9	m.
Ro 2 =	2.000,0	ohm-m.	ESP 2 =	2,7	m.
Ro 3 =	infinito	ohm-m.	ESP 3 =	infinito	m.

2.- DATOS ESTIMADOS POR LA POTENCIA DE LA S/E :

$I_{CC3\phi} = 1.710,4$ A
 $I_{CC1\phi} = 987,3$ A
 $T_{op.} = 0,5$ seg.

3.- DATOS DE LA SUBESTACIÓN

POTENCIA = 45 KVA
TENSIÓN = 13.200 V
IMPEDANCIA = 4 %

4. MALLAS DE TIERRA PROYECTADAS

4.1. Malla de Tierra N° 1 :

Dadas las condiciones del terreno se propone construir una malla cuadrada reticulada de 6 m. x 6 m., enterrada en la base de S/E aérea, alrededor del poste de H.A. de A.T. de 11,5 m. que soporta el Trafo., enterrada a 0,6 m. de profundidad , de las siguientes características:

Largo de la malla	$L = 6 \text{ m.}$
Ancho de la malla	$B = 6 \text{ m.}$
Paralelos al lado mayor de la malla	$M = 5 \text{ c/u}$
Paralelos al lado menor de la malla	$N = 5 \text{ c/u}$
Sección del conductor	$S_c = 33,63 \text{ mm}^2$
Cantidad de barras de tomatierra	$N_b = 0 \text{ c/u}$
Largo de las barras de tomatierra	$L_b = - \text{ m.}$
Diámetro de las barras de tomatierra	$D_b = - \text{ mm.}$
Profundidad de enterramiento	$h = 0,6 \text{ m.}$
Superficie de la malla	$S = 36 \text{ m}^2$
Largo del conductor	$L = 60 \text{ m.}$
Tipo de unión	TERMOFUSIÓN

Coeficientes de irregularidad :

$$K_1 = 1,156$$

$$K_2 = 4,75$$

Cálculo del Ro equivalente

Aplicando el método de BURGSDORFF-YAKOBS, se obtienen el siguiente resultado, proveniente de la expresión:

$$Rho_{EQUIV} = \sum_{j=1}^n \frac{F_n}{\frac{1}{\rho_j} * (F_j - F_{j-1})}$$

$$r_0^2 = r^2 - b^2$$

$$q_0^2 = 2 * r * (r + b)$$

$$u_{(i)}^2 = q_0^2 + r_0^2 + h_{(i)}^2$$

Siendo $u_{(3)}^2 = \text{infinito}$, y los parámetros son :

- r : Radio equivalente de la malla.
- S : Superficie de la Malla de Tierra.
- b : Profundidad de enterramiento de Malla de Tierra.
- $h_{(i)}$: Profundidad desde la superficie al término del estrato

$$Ro_{eq.} = 236,17 \text{ Ohm-m.}$$

4.2. Malla de Tierra N° 2 :

Dadas las condiciones del terreno se propone construir otra malla rectangular reticulada de 3 m. x 2 m., enterrada en el subsuelo de la Caseta ubicada en el Sondaje N° 2, enterrada a 0,6 m. de profundidad , de las siguientes características:

Largo de la malla	L = 3 m.
Ancho de la malla	B = 2 m.
Paralelos al lado mayor de la malla	M = 3 c/u
Paralelos al lado menor de la malla	N = 4 c/u
Sección del conductor	Sc = 33,63 mm ²
Cantidad de barras de tomatierra	Nb = 0 c/u
Largo de las barras de tomatierra	Lb = - m.
Diámetro de las barras de tomatierra	Db = - mm.
Profundidad de enterramiento	h = 0,6 m.
Superficie de la malla	S = 6 m ²
Largo del conductor	L = 17 m.
Tipo de unión	TERMOFUSIÓN

Coeficientes de irregularidad :

$$K_1 = 0,801$$

$$K_2 = 3,398$$

4.3. Esquema de la Malla

Ver esquema adjunto.

La forma dispuesta de las Mallas en el terreno permite hacer las tomas de tierra.

Cálculo del Ro equivalente

Aplicando el método de BURGSDORF-YAKOBS, se obtiene el siguiente resultado:

$$Rho_{EQUIV} = \sum_{j=1}^n \frac{F_n}{\frac{1}{\rho_j} * (F_j - F_{j-1})}$$

Ro 1 = 800,0 ohm-m.
Ro 2 = 2.000,0 ohm-m.
Ro 3 = infinito ohm-m.

ESP 1 = 0,9 m.
ESP 2 = 2,7 m.
ESP 3 = infinito m.

$$r_0^2 = r^2 - b^2$$

$$q_0^2 = 2 * r * (r + b)$$

$$u_{(i)}^2 = q_0^2 + r_0^2 + h_{(i)}^2$$

Siendo $u_{(3)}^2 = \text{infinito}$, y los parámetros son :

r : Radio equivalente de la malla.
S : Superficie de la Malla de Tierra.
b : Profundidad de enterramiento de Malla de Tierra.
 $h_{(i)}$: Profundidad desde la superficie al término del estrato

$$Ro_{eq.} = 236,17 \text{ Ohm-m.}$$

6. Cálculo de la Resistencia de puesta a tierra

Aplicando la fórmula para un Sistema interconectado de Mallas de Tierra, se determinan los siguientes valores :

$$R_M = \frac{\rho}{\pi * L} * \left(\ln \left(\frac{2 * L}{\sqrt{h * d}} \right) + \frac{K1 * L}{\sqrt{S}} - K2 \right)$$

Resist. Malla 1 = 14,43 Ohm

Resist. Malla 2 = 27,21 Ohm

Distancia centros Mallas = 20 m. (aprox)

R mútua Malla 1/Malla 2 = 3,76 Ohm

Resist. Total Sistema = 3,98 Ohm

Se cumple que :

R Total es menor a 5 ohm.

7. Toma de Tierra

La toma de tierra para las Mallas de Tierra se ejecutarán en ductos y conductores, de acuerdo a la Norma SEC vigente, además se dejará una camarilla de inspección en cada Malla.

8. Sección del conductor

Se adoptó la sección **# 2 AWG (33,63 mm²)** por razones de seguridad, recomendaciones de Norma y cálculo de sección según Onderdönk, dejando un grado de calibre mayor para futuros crecimientos de la Planta.

$$I = 1973.55 * S * \frac{1}{\sqrt{33t}} * \text{Log}_{10} \left(\frac{T_m - T_a}{234 + T_a} + 1 \right) . [Amp.]$$

S = Sección del conductor proyectado (mm²)

I = Corriente máx. de c.c. que se espera alcance la Malla de Tierra (A)

t = Tiempo que dura la circulación de la intensidad anterior (seg.)

T_m = Temperatura máx. admisible en el conductor en ° C, se toma 450° C para Uniones Termofusionadas

T_A = Temperatura ambiente en ° C.

Potencia del suministro	S	:	45	KVA
Tensión en Baja Tensión	V	:	380/220	Volt
Impedancia, p.u. en base propia	Z _t	:	0,0130 + j 0,04	
Corriente de falla	T _f	:	1.682	A

9. CÁLCULO DE POTENCIALES

Factores de forma :

$$\begin{aligned} K_s &= 0,849 \\ K_m &= 0,187 \end{aligned}$$

Factor de irregularidad	:	K _i = 1,854
Ro de capa de contacto	:	GRAVILLA (3000 Ω-m)
Espesor de la capa de contacto	:	0,10 m.
Factor de decremento capa de contacto	:	1,0

9.1 CÁLCULOS DE GRADIENTES DE POTENCIAL MÁXIMOS PERMISIBLES

$$V_{pa} = \frac{116 + 0,696 \times \rho_s}{t^{1/2}}$$

$$V_{ca} = \frac{116 + 0,174 \times \rho_s}{t^{1/2}}$$

Siendo ρ_s = Ro capa de contacto, radier de cemento (3.000 ohm-m)

- VOLTAJE DE PASO PERMISIBLE

$$V_{pa} = 2.362,2 \text{ V}$$

- VOLTAJE DE CONTACTO PERMISIBLE

$$V_{ca} = 713,6 \text{ V}$$

9.2 CÁLCULO DE GRADIENTES DE POTENCIAL

$$V_{pm} = \frac{K_s \times K_i \times \rho_e \times I_{f1\phi}}{L}$$

$$V_{cm} = \frac{K_m \times K_i \times \rho_e \times I_{f1\phi}}{L}$$

Siendo ρ_e = Ro equivalente del terreno, y
 L = Largo total del conductor proyectado

- VOLTAJE DE PASO DE MALLA

$$V_{pm} = 2.211,2 \text{ V}$$

- VOLTAJE DE CONTACTO DE MALLA

$$V_{cm} = 487,2 \text{ V}$$

9.3. CONDICIONES DE SEGURIDAD

Debe cumplirse que :

$$V_{pm} < V_{pa} \text{ y } V_{cm} < V_{ca}$$

Vpm =	2.211,2	V
Vpa =	2.362,2	V
Vcm =	487,2	V
Vca =	713,6	V

11. CONCLUSIONES

En definitiva, la malla indicada cumple con las condiciones fijadas de tiempo de operación de protecciones y de gradientes permisibles. Estas mallas deben ubicarse bajo el subsuelo del poste y de la caseta indicada , y taparse con una capa de **0,10 m.** de espesor de **gravilla**, saliendo un metro en todas direcciones, a fin de limitar los gradientes de potenciales superficiales.

12.- DOCUMENTOS ADJUNTOS

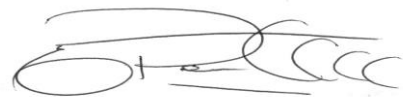
- Informe con Medida de Resistividad de Terreno

Nota : Para el cálculo de esta Malla de Tierra se han considerado los rendimientos de resistividad obtenidos con aditivo mineral Erico-Gel, o similar, a razón de una dosis de 7 Kg por cada 3 m de conductor.

Calculistas Srs.:



JORGE ENRIQUE RAMÍREZ GUERRA
Ingeniero Electricista



ENRIQUE SIMA RAMÍREZ LEIVA
Instalador Electricista

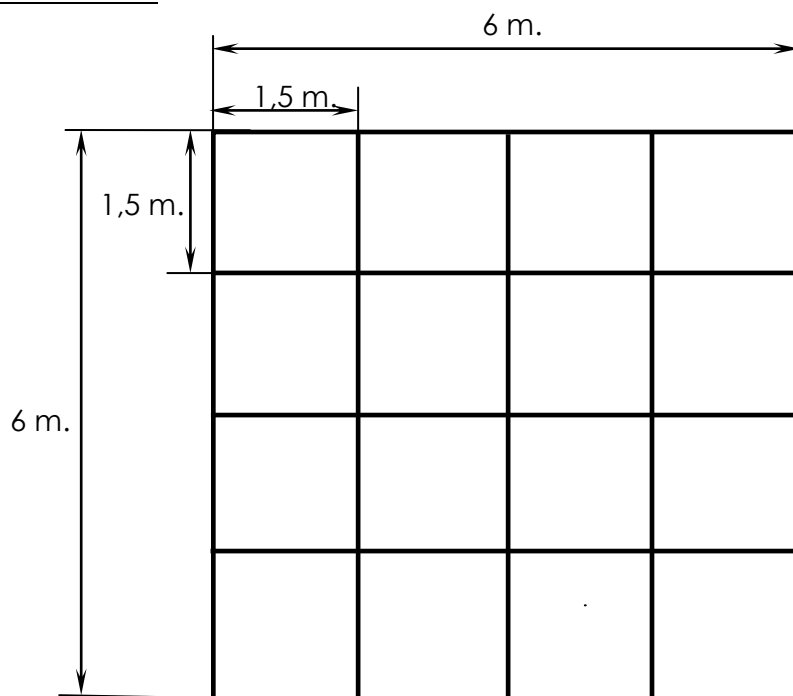
ESQUEMA DE MALLA DE A.T./B.T.

(MALLA EQUIPOTENCIAL)

OBRA : APR LAGUNA DE TENO – S/E 45 KVA

CLIENTE : CONSTRUCTORA BELLOLIO LTDA.

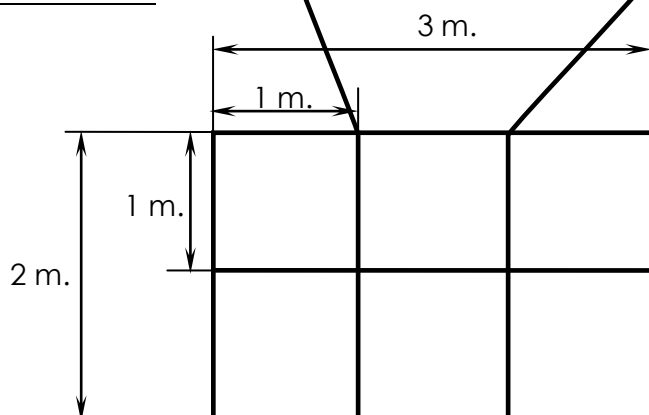
MALLA N° 1



S/ESC.

Interconexión en 2 puntos
Cu desnudo # 2 AWG
d aprox. = 40 m.

MALLA N° 2



S/ESC.

NOTAS :

- * Las uniones serán del tipo soldadura exotérmica de alto punto de fusión.
- * Conductor de Cu desnudo # 2 AWG (33,63 mm²)
- * Cada Malla deberá contar con una Camarilla de Registro.
- * Estas Mallas se deberán enterrar en el subsuelo de la S/E y de la caseta, a una profundidad $h = 0,6$ m.
- * A estas Mallas se les debe agregar aditivo mineral Erico Gel, o similar, a razón de 3 m., por cada dosis de 7 Kg.
- * Las medidas son aproximadas, debiéndose respetar, mínimo, el número de cruzamientos proyectados en ambas direcciones.
- * Las Mallas se deben interconectar en, a lo menos, dos puntos por medio de conductor de Cu desnudo # 2 AWG (33,63 mm²).
- * Las Mallas se deben emplazar a una Distancia mínima aprox. de 40 m. entre los centros de las mismas.
- * Se recomienda reemplazar el material que se extraiga producto de las excavaciones, por Tierra natural (libre de piedras), trasladada desde las cercanías del lugar, este material debe tapar el conductor y el aditivo, y aplicarse en capas de 15 cm. de espesor, luego compactar y aplicar agua, así hasta llegar a la superficie del terreno