



[CAPITULO 7 DE NORMA NTC 6307 DE SITEMA DE PUESTA A TIERRA]

Reviso Ing. Fernando Giraldo Z
Instructor CEAI

[SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA]

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE
AREA DE ELECTRICIDAD
TECNOLOGO EN ELECTRICIDAD INDUSTRIAL TEI 4-92
CALI COLOMBIA
JUNIO 2021

[CAPITULO 7 DE NORMA NTC 6307 DE SITEMA DE PUESTA A TIERRA]



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE
AREA DE ELECTRICIDAD
TECNOLOGO EN ELECTRICIDAD INDUSTRIAL TEI
CALI COLOMBIA
MAYO 2024

CONTENIDO

- **INTRODUCCION**
- **CAPITULO 7**
- **CONCLUSION**
- **REFERENCIAS**



INTRODUCCION

En este informe se darán las instrucciones para que los aprendices realicen el trabajo de la actividad grupal para conocer el capítulo 7 de la norma NTC 6307 que trata de como diseñar un sistema puesta a tierra en Colombia



CAPITULO 7



NORMA TÉCNICA COLOMBIANA

NTC 6307

2018-12-12

SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA (SPT)

E: SYSTEM EARTHING (SYSTEM GROUNDING)

CAPITULO 7 DISEÑO DE SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA

DISEÑO

7. A continuación, se presenta la metodología de diseño para una puesta a tierra de baja frecuencia (hasta 9kHz). En el caso de presentarse interacción con otras puestas a tierra o tuberías, es necesario que el ingeniero diseñador realice un estudio detallado con una metodología.}

Este numeral está dividido en tres partes:

7.1. DISEÑO SEGÚN LA NORMA IEEE 80

7.2. CONFIGURACION NO SIMETRICA

7.3. CONFIGURACIONES MÁS TÍPICAS

7.1. DISEÑO SEGÚN LA NORMA IEEE 80

Esta metodología se utiliza típicamente para el diseño de mallas de puesta a tierra con las siguientes especificaciones:

- Profundidades de la malla entre 0.5 m y 1.5 m
- Calibres de conductores entre 2/0 AWG y 500 kcmil



- Tamaño de la retícula de malla uniforme
- Se pueden introducir electrodos verticales (varilla) siempre y cuando estén ubicadas uniforme mente en la prefiera o en el área total de la malla
- Aplica un modelo del terreno homogéneo, con un solo valor de resistividad

7.1.1 METODOLOGIA Y DIAGRAMA PARA EL DISEÑO

- **INFORMACIÓN DE CAMPO:** Debe existir un mapa de la su estación y de los equipos, se debe realizar medición de resistividad del terreno.

- **SELECCIÓN DEL CONDUCTOR:** La sección transversal del conductor se determina por medio de unas ecuaciones que determinan la corriente de falla que debe ser el máximo esperado en el sistema de puesta a tierra y debe reflejar el máximo tiempo de despeje de la falla.

- **TENSIONES TOLERABLES:** Son las máximas tensiones que puede soportar el ser humano que depende del tiempo de duración de la falla, las características del terreno, el peso y la resistencia de la persona.

- **DISEÑO INICIAL:** Es un diseño preliminar donde está incluido el conductor perimetral, la conexión de los equipos a la malla de puesta a tierra, el espaciamiento de los conductores y la localización de las varillas en el área total a ser cubierta

- **RESISTENCIA DE LA MALLA:** Es el cálculo de la resistencia de puesta a tierra en el diseño preliminar con el modelo de un suelo uniforme

- **MAXIMA CORRIENTE A LA MALLA:** Es la corriente que se determinadas ecuaciones donde se refleja el caso más crítico de la corriente de falla, su localización, el factor de decremento y cualquier expansión futura del sistema

- **MAXIMA ELEVACION DEL POTENCIAL DEL SISTEMA (GPR):** Si el GPR del diseño preliminar es menor que la tensión de contacto tolerable no es necesario seguir con el análisis de diseño se solo tienen en cuenta las conexiones de los equipos de la subestación

- **TENSIONES DE MALLA Y DE PASO:** Son el cálculo de las tensiones de malla y de paso para el sistema con un modelo de suelo uniforme

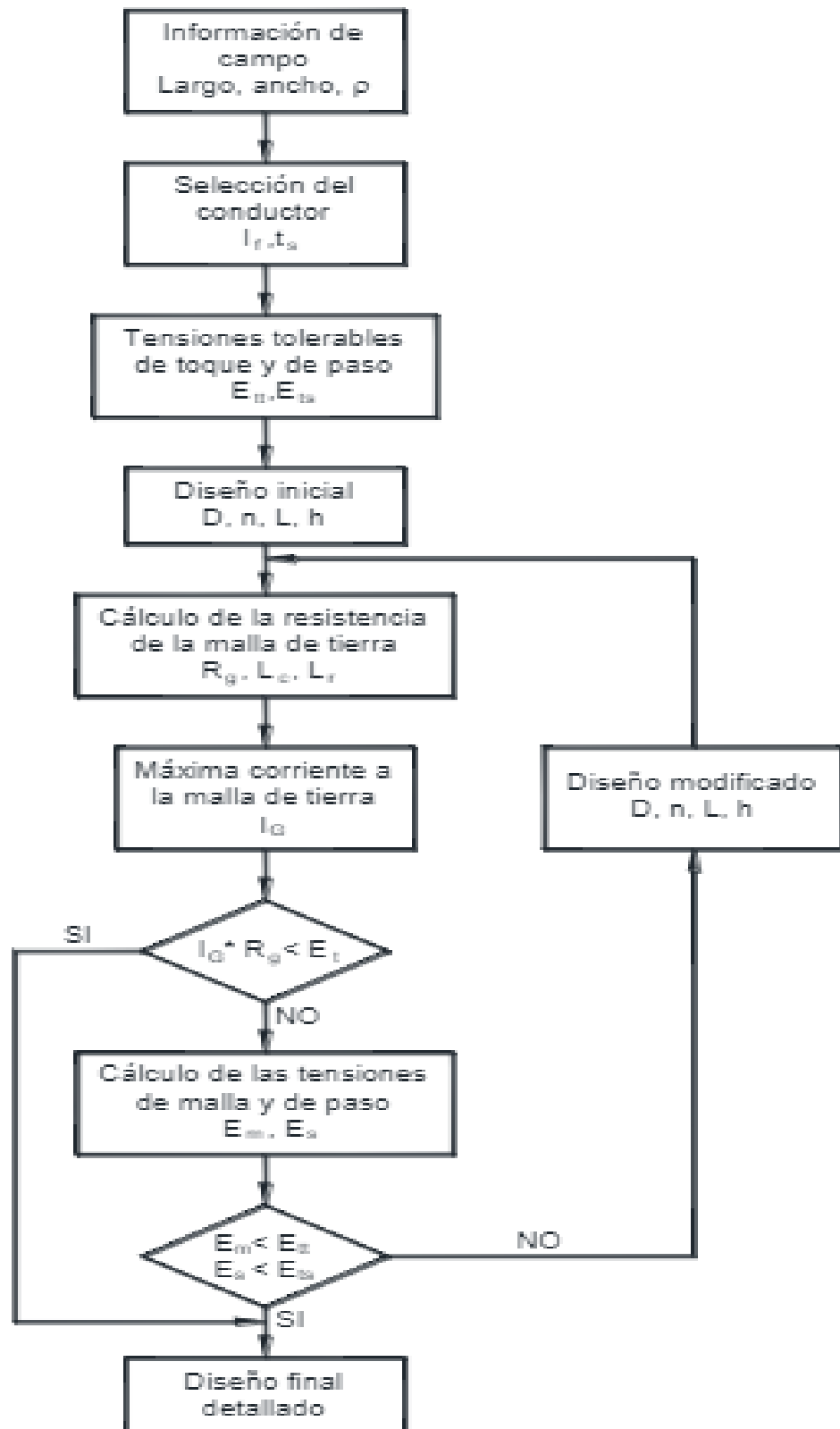
- **COMPARACION CON LAS TENSIONES DE CONTACTOS TOLERABLES:** Si la tensión de malla es inferior a la tensión de contacto tolerable se hace la comparación entre la tensión de paso y contacto tolerable de lo contrario de diseño preliminar

- **COMPARACION CON TENSIONES DE PASO Y TENSIONES TOLERABLES:** Si las tensiones de contacto y de paso calculadas son inferiores a las tensiones tolerables respectivas, el diseño es apropiado, de lo contrario se debe revisar el diseño preliminar

- **DISEÑO MODIFICADO:** Si las tensiones exceden los límites tolerables, se debe hacer unas modificaciones como disminuir el espacio entre conductores o aumentar las varillas de puesta a tierra



-DISEÑO FINAL DETALLADO: Cumplir con todos los pasos descritos anteriormente.





7.1.2 CALCULO DE LA SESION DEL CONDUCTOR

El conductor se selecciona en base de su capacidad térmica ante una corriente de falla de determinada duración, por medio de la siguiente ecuación

$$A_{mm^2} = I_f \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{TCAP \cdot 10^{-4}}{t_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_r} \right) \ln \left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a} \right)}}$$
$$A_{kcmil} = I_f \frac{197.4}{\sqrt{\left(\frac{TCAP}{t_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_r} \right) \ln \left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a} \right)}}$$

en donde

A_{mm^2}	=	Área del conductor [mm ²]
A_{kcmils}	=	Área del conductor [kcmils]
I_f	=	Corriente de falla a tierra que entrega el sistema [kA rms].
T_m	=	Temperatura máxima [°C]
T_a	=	Temperatura ambiente [°C]
T_r	=	Temperatura de referencia para las constantes de materiales [°C]
t_c	=	Tiempo de despeje de la falla [s]
α_r	=	Coeficiente térmico de resistividad a la temperatura de referencia.
ρ_r	=	Resistividad del conductor a la temperatura de referencia [$\mu\Omega \cdot cm$]
K_0	=	$(1/\alpha_r) - T_r$
$TCAP$	=	Factor de capacidad térmica [J/cm ³ C]



La temperatura máxima generalmente se fija por el tipo de empalme utilizado y es de 250° C para uniones a compresión y de 450° C para soldaduras normales. Para soldadura exotérmica se puede considerar que la temperatura máxima es la temperatura de fusión del conductor.

Los factores α_r , ρ_r , K_0 , $TCAP$ a una temperatura de referencia de 20° C se obtienen de la siguiente tabla:

Tabla 5. Factores α_r , ρ_r , K_0 , $TCAP$

Descripción	Conductividad %	Factor α_r a 20°C	K_0 ($1/\alpha_0$) a 0° C	ρ_r a 20° C ($\mu\Omega\cdot\text{cm}$)	Valor efectivo del factor $TCAP$ ($\text{J}/\text{cm}^3\cdot^\circ\text{C}$)
Cobre blando	100,0	0,00393	234	1,7241	3,422
Cobre duro	97,0	0,00381	242	1,7774	3,422
Acero recubierto de cobre	30	0,00378	245	5,862	3,846
Aluminio grado EC	61	0,00403	228	2,862	2,556
Aleación de aluminio 5005	53,5	0,00353	263	3,2226	2,598
Aleación de aluminio 6201	52,5	0,00347	268	3,284	2,598
Acero recubierto de aluminio	20,3	0,00360	258	8,4805	2,670
Acero galvanizado con zinc	8,5	0,00320	293	20,1	3,931
Acero inoxidable 304	2,4	0,00130	749	72,0	4,032

La red equipotencial y los puntos de conexión a tierra deben quedar de tal manera, que en condiciones normales no exista un flujo de corriente en los conductores de puesta a tierra, llamada corriente en modo común. Las corrientes temporales provocadas por condiciones anormales no se consideran como corrientes en modo común. Las corrientes temporales provocadas por condiciones anormales no se consideran como corrientes en común. Se da este caso, generalmente se debe a conexiones múltiples entre neutro y tierra, por tanto, debe adoptarse uno o más de los siguientes procedimientos:

- ELIMINAR UNO O MAS PUNTOS DE CONEXIÓN A TIERRA
- INSTALAR AISLADORES PARA LAS BARRAS
- CAMBIAR LA UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONEXIÓN A TIERRA
- INTERRUPIR LA CONTINUIDAD DEL CONDUCTOR ENTRE LAS CONEXIONES A TIERRA
- UTILIZAR OTROS MEDIOS PARA LIMITAR LA CORRIENTE, BAJO LA APROVACION DE LA AUTORIDAD CON JURISDICCION.

7.1.3 CALCULO DE LAS TENSIONES DE CONTACTO Y DE PASO TOLERABLE

Son las máximas tensiones que puede soportar el ser humano que depende del tiempo de duración de la falla, las características del terreno, el peso y la resistencia de la persona.



Ecuaciones han sido desarrolladas para pesos típicos de 50kg y 70 kg. En caso de 50kg, la norma define la tensión de paso V_{p50} y la tensión de contacto V_{c50} por las siguientes ecuaciones.

$$V_{p50} = \frac{(1000 + 6 \cdot C_s \cdot \rho_s) \times 0,116}{\sqrt{t_s}}$$

$$V_{c50} = \frac{(1000 + 1,5 \cdot C_s \cdot \rho_s) \times 0,116}{\sqrt{t_s}}$$

y para una persona de 70 kg la tensión de paso V_{p70} y la tensión de contacto V_{c70} están definidas por:

$$V_{p70} = \frac{(1000 + 6 \cdot C_s \cdot \rho_s) \times 0,157}{\sqrt{t_s}}$$

$$V_{c70} = \frac{(1000 + 1,5 \cdot C_s \cdot \rho_s) \times 0,157}{\sqrt{t_s}}$$

en donde

C_s	=	Coefficiente de reducción
ρ_s	=	Resistividad de la capa superficial [$\Omega \cdot m$]
t_s	=	Tiempo de despeje de la falla [s]

El coeficiente de reducción C_s , tiene en cuenta el efecto de la capa superficial de alta resistividad (gravilla) y se obtiene como aparece en el numeral 5.3.

Si no se utiliza la capa superficial ρ_s será la misma resistividad del terreno y el coeficiente de reducción C_s será igual a 1.



7.1.4 CALCULO DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

La resistencia de puesta a tierra de una malla depende principalmente de la resistividad del terreno, la longitud del conductor enterrado y el área ocupada por la malla.

Si la profundidad de enterramiento es menor a 0,25 m, es posible utilizar la siguiente ecuación:

$$R_g = \frac{\rho}{4} \sqrt{\frac{\pi}{A} + \frac{\rho}{L}}$$

en donde

R_g	=	Resistencia de puesta a tierra de la malla [Ω]
ρ	=	Resistividad del terreno [$\Omega \cdot m$]
A	=	Área ocupada por la malla [m^2]
L	=	Longitud total de conductor enterrado [m]

Si la profundidad de enterramiento está entre 0,25 y 2,5 m, es necesaria una corrección:

$$R_g = \rho \cdot \left[\frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left(1 + \frac{1}{1 + h\sqrt{20/A}} \right) \right]$$

en donde

h es la profundidad de la malla [m].

7.1.5 CALCULO DE CORRIENTE INYECTADA A LA MALLA

En el cálculo de la corriente inyectada a la malla deben tenerse en cuenta los diferentes caminos de la corriente de falla, el efecto de la asimetría en la forma de onda de la corriente de falla y el incremento del valor de ésta para cada sistema. Por tanto, la corriente finalmente inyectada a la malla se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$I_G = C_p \cdot D_f \cdot S_f \cdot I_f$$

en donde

I_G	=	Máxima corriente inyectada a la malla [A].
C_p	=	Factor de proyección del crecimiento; tiene en cuenta el incremento relativo de las corrientes de falla durante la vida de la malla; para un sistema con un crecimiento futuro cero, $C_p = 1$
D_f	=	Factor de decremento para la duración total de la falla (t_f); tiene en cuenta los efectos de la asimetría en la forma de onda de la corriente de falla.
S_f	=	Factor de división de corriente que relaciona la magnitud de la corriente de falla con la porción de esta corriente que fluye entre la malla y la tierra circundante.
I_f	=	Corriente de falla a tierra simétrica [A rms]



7.1.6 CALCULO MAXIMA ELEVACION DEL POTENCIAL DE MALLA (GPR)

Cuando por la malla circula una corriente, ésta produce una elevación del potencial con respecto a un punto remoto. La máxima elevación de potencial conocida como **GPR** se obtiene del producto de la corriente máxima que fluirá por la puesta a tierra y la resistencia de puesta a tierra, así:

$$V(GPR) = I_G \cdot R_g$$

en donde

I_G = Máxima corriente inyectada a la malla [A]

R_g = Resistencia de puesta a tierra de la malla [Ω]

Si la máxima elevación de potencial **V** de la malla o GPR es menor que la tensión tolerable de contacto, no se requiere más análisis, de lo contrario es necesario calcular la tensión de malla y de paso.

7.1.7 TENSION DE MALLA

La tensión de malla se obtiene como el producto de la resistividad del suelo (ρ), un factor geométrico (K_m) y un factor de corrección (K_i), el cual tiene en cuenta el incremento de la densidad de corriente en los extremos de la malla y la densidad promedio de corriente por unidad del conductor enterrado (I_G / L). La ecuación es:

$$V_m = \frac{\rho K_m K_i I_G}{L_M}$$

en donde

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

en donde

$K_{ii} = 1$ para mallas con varillas a lo largo del perímetro, o en las esquinas, o conjuntamente a lo largo del perímetro y dispersadas en el área de la malla.

$K_{ii} = \frac{1}{(2n)^{2/n}}$ para mallas sin varillas o con unas pocas, ninguna localizada en las esquinas o en el perímetro $K_h = \sqrt{1+h}$

$$K_i = 0,644 + 0,148n$$



en donde

D = Distancia entre conductores paralelos [m]

h = Profundidad de los conductores de la malla [m]

n = Número de conductores paralelos

$$n = n_a n_b n_c n_d$$

en donde

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

$n_b = 1$ para mallas cuadradas

$n_c = 1$ para mallas cuadradas y rectangulares

$n_d = 1$ para mallas cuadradas, rectangulares y en forma de L.

de otra forma,

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

$$n_c = \left[\frac{L_x L_y}{A} \right]^{0.7A/L_x L_y}$$

$$n_d = \frac{D_m}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}}$$

—

en donde

L_c = es la longitud total de conductor en la malla horizontal. [m]

L_p = es la longitud del perímetro de la malla. [m]

A = es el área de la malla. [m²]

L_x = es la máxima longitud de la malla en la dirección x . [m]

L_y = es la máxima longitud de la malla en la dirección y . [m]

D_m = es la máxima distancia entre dos puntos cualesquiera de la malla. [m]

Para mallas sin varillas o con unas pocas distribuidas a través de ella, pero no localizadas en las esquinas o a lo largo del perímetro, la longitud L_M es

$$L_M = L_C + L_R$$



en donde

L_R = es la longitud total de todas las varillas.

Para mallas con varillas en las esquinas, así como a lo largo del perímetro y dispersas a través de ella, la longitud L_M es:

$$L_M = L_C + \left[1,55 + 1,22 \left(\frac{L_r}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right) \right] L_R$$

en donde

L_r = es la longitud de cada varilla en metros.

7.1.8 TENSION DE PASO

La tensión de paso se obtiene como el producto de la resistividad del suelo (ρ), un factor geométrico (K_s), un factor de corrección (K_i) el cual tiene en cuenta el incremento de la densidad de corriente en los extremos de la malla y la densidad promedio de corriente por unidad del conductor enterrado (I_G / L). La ecuación es:

$$V_p = \frac{\rho K_s K_i I_G}{L_s}$$

en donde K_s = para profundidades entre 0,25 m y 2,5 m es:

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} (1 - 0,5^{n-2}) \right]$$

y para profundidades menores de 0,25 m es:

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} W \right]$$

en donde $W = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \dots + \frac{1}{n-1}$

o para $n \geq 6$ $W \approx \frac{1}{2(n-1)} + \ln(n-1) - 0,423$

D = Distancia entre conductores paralelos [m]

h = Profundidad de los conductores de la malla [m]

n = Número de conductores paralelos

Activar '
Ve a Confi

Para mallas con o sin varillas la longitud efectiva de conductor enterrado L_s es:

$$L_s = 0,75 L_C + 0,85 L_R$$

Si la tensión de malla excede la tensión de contacto tolerable o la tensión de paso el umbral tolerable, el diseño debe modificarse; ello puede hacerse disminuyendo la distancia entre conductores paralelos o incrementando el número de varillas.



7.1.9 LIMITACIONES DE LAS ECUACIONES

Para obtener las ecuaciones de tensiones de paso y de malla, se establecen suposiciones con el fin de simplificarlas; las cuales pueden dar resultados imprecisos en algunos casos, en comparación con los resultados de análisis más rigurosos realizados en computador o modelos a escala. Los factores utilizados prácticamente eliminan la imprecisión dentro de ciertos rangos.

Cuando se aplican las ecuaciones planteadas para las tensiones de malla y de paso, en configuraciones cuadradas o rectangulares, se recomiendan los siguientes límites:

$$\begin{array}{lll} n & \leq & 25 \\ 0,25 \text{ m} & \leq h \leq & 2,5 \text{ m} \\ d & < & 0,25 h \\ D & \geq & 3 \text{ m} \end{array}$$

Además, para mallas rectangulares igualmente espaciadas (con lazos cuadrados) el valor de n utilizado para calcular la tensión de malla debe ser la media geométrica del número de conductores en una y otra dirección:

$$n = \sqrt{n_A n_B}$$

en donde

n_A y n_B es el número de conductores en cada dirección.

El valor de n utilizado para calcular la tensión de contacto deberá ser el máximo entre n_A y n_B .

7.2 CONFIGURACIONES NO SIMÉTRICAS

Debido a la gran variedad de configuraciones y geometrías que puede tomar una puesta a tierra, así como el amplio rango de variación del parámetro de resistividad del terreno, no es posible establecer una metodología matemática única para diseñarlas. La Figura 30 presenta el diagrama de bloques del diseño de la puesta a tierra, el cual puede ser aplicado a cualquier tipo de configuración o geometría.



7.2.1 INFORMACION DE CAMPO

Siempre se requiere el valor de la resistividad del terreno, el área disponible para la construcción y datos del sistema eléctrico como tensión nominal de operación, corriente de falla a tierra y tiempo de despeje de ésta.

7.2.2 CRITERIOS DE DISEÑOS



Para verificar y validar si un diseño es correcto, se deben contrastar los resultados obtenidos, con los valores máximos admisibles exigidos en reglamentos o recomendados en normas de:

- resistencia de puesta a tierra - R [Ω]
- tensiones de paso y contacto - V_p y V_c [V]

Los valores máximos sugeridos de resistencia de puesta a tierra (R) se presentan en la Tabla 6. Para medir las tensiones de paso y contacto (V_p y V_c) se debe seguir el procedimiento mencionado en el numeral 10.2.

Tabla 6. Valores máximos sugeridos de resistencia de puesta a tierra

Aplicación	Valores máximos sugeridos de resistencia de puesta a tierra [Ω]
Estructuras de líneas de transmisión	20
Subestaciones de alta y extra alta tensión	1
Subestaciones de media tensión	10
Protección contra rayos	10
Neutro de acometida en baja tensión	25

7.2.3 DISEÑO PRELIMINAR

Inicialmente se debe plantear una configuración de puesta a tierra y sus dimensiones, a partir de la cual se realizará el diseño definitivo. La selección de este diseño preliminar se hace con base en aspectos como:

- área disponible para la construcción de la puesta a tierra,
- resistividad del terreno,
- uso o aplicación del sistema de puesta a tierra (líneas, subestaciones, entre otros) y
- experiencia del diseñador.

7.2.4 CALCULOS DE PARAMETROS DE VERIFICACION

Para obtener V_p y V_c es necesario primero calcular la corriente de falla I_r que circularía por la puesta a tierra, la cual se obtiene a partir del circuito equivalente *Thevenin* del sistema y el valor teórico de R_{PT} hallado previamente (véase la Figura 31). Para obtener estos parámetros en configuraciones de puesta a tierra complejas, es necesario el uso de herramientas computacionales; esto se debe al hecho que los valores R_{PT} , V_p y V_c varían ampliamente, según la configuración del sistema, la resistividad del terreno y la corriente de falla.

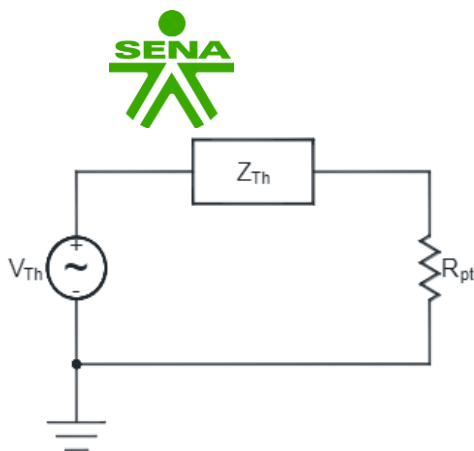


Figura 31. Circuito equivalente *Thevenin* para recalcular la corriente de falla

Una vez calculados los parámetros de verificación se realiza la comparación con los criterios de diseño R , V_p y V_c . Si son inferiores a estos últimos, se procede con la etapa de diseño final, de lo contrario es necesario realizar un mejoramiento del diseño preliminar con el fin de reducirlos a valores inferiores a los aceptados. Este mejoramiento puede consistir en:

- aumentar las dimensiones de la puesta a tierra,
- seleccionar otra configuración y
- tomar las medidas de mejoramiento descritas en esta norma.

Activar W
Una Configuración

7.2.5 DISEÑO FINAL

Una vez se ha establecido que el diseño cumple, se le considera como diseño final de la puesta a tierra y se procede con el cálculo de las cantidades de obra para llevar a cabo su construcción

7.2.6 MEDICION DE PARAMETROS DE VERIFICACION

Luego de llevarse a cabo la construcción de la puesta a tierra, es necesario verificar en campo los valores de: resistencia de puesta a tierra, corrientes, equipotencialidad, tensión de contacto. En caso de que alguno de estos parámetros supere los criterios de diseño es necesario mejorar de la puesta tierra ya construida y medir nuevamente hasta que se cumpla lo exigido

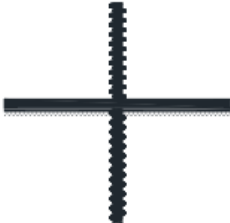
7.3 CONFIGURACIONES TIPICAS

La Tabla 7 presenta esquemas y ecuaciones aproximadas para el cálculo de resistencia de puesta a tierra (R_{PT}) en suelo homogéneo de varias configuraciones simétricas típicas.

En las Figuras 32 a 35 se muestran las curvas con las dimensiones y los valores de V_p y V_c para configuraciones típicas, de modo que sea fácil definir si la geometría y el tamaño de puesta a tierra cumplen los criterios de diseño.



Tabla 7. Configuraciones típicas de electrodos

Configuración de la puesta a tierra	Figura	Ecuación para la resistencia
Conductor vertical o varilla Longitud l y radio a .		$R = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \left(\ln \left[\frac{4 \cdot l}{a} - 1 \right] \right)$
Conductor horizontal Longitud l , radio a , profundidad d .		$R = \frac{\rho}{4\pi \cdot l} \left(\ln \frac{4l}{a} + \ln \frac{4l}{s} - 2 + \frac{s}{2l} - \frac{s^2}{16l^2} \right)$
Estrella de tres brazos Longitud del brazo l , profundidad $s/2$ y radio a		$R = \frac{\rho}{6\pi l} \left(\ln \frac{2l}{a} + \ln \frac{2l}{s} - 1.071 - 0.209 \frac{s}{l} + \right. \\ \left. 0.238 \frac{s^3}{l^3} - 0.054 \frac{s^4}{l^4} \dots \right)$
Estrella de cuatro puntas. Longitud del brazo l , profundidad $s/2$ y radio a		$R = \frac{\rho}{8\pi l} \left(\ln \frac{2l}{a} + \ln \frac{2l}{s} + 2.912 - 1.071 \frac{s}{l} + \right. \\ \left. 0.645 \frac{s^2}{l^2} - 0.145 \frac{s^4}{l^4} \dots \right)$

Activar W
Ve a Configu

A continuación, se presentan las curvas de máximas tensiones de paso V_p y de contacto V_c para las cuatro configuraciones descritas en la Tabla 7, en función de la longitud l de los electrodos. Los cálculos fueron realizados para una corriente de falla $I = 100 \text{ A}$ y para cuatro valores diferentes de resistividad ρ del terreno. Si se tiene un valor de corriente de falla distinto, los valores obtenidos a partir de las curvas deben ser multiplicados por un factor de escala K_i :

$$K_i = \frac{I_{nueva}}{100}$$

Adicionalmente, si el terreno en estudio posee un valor de resistividad diferente a los que aparecen en las curvas, es necesario interpolar linealmente al valor deseado.

Las tensiones de paso y contacto, se puede obtener gráficamente para las mismas configuraciones citadas, así:

CASO 1: electrodo vertical o varilla con extremo superior a ras de tierra (fig. 32)

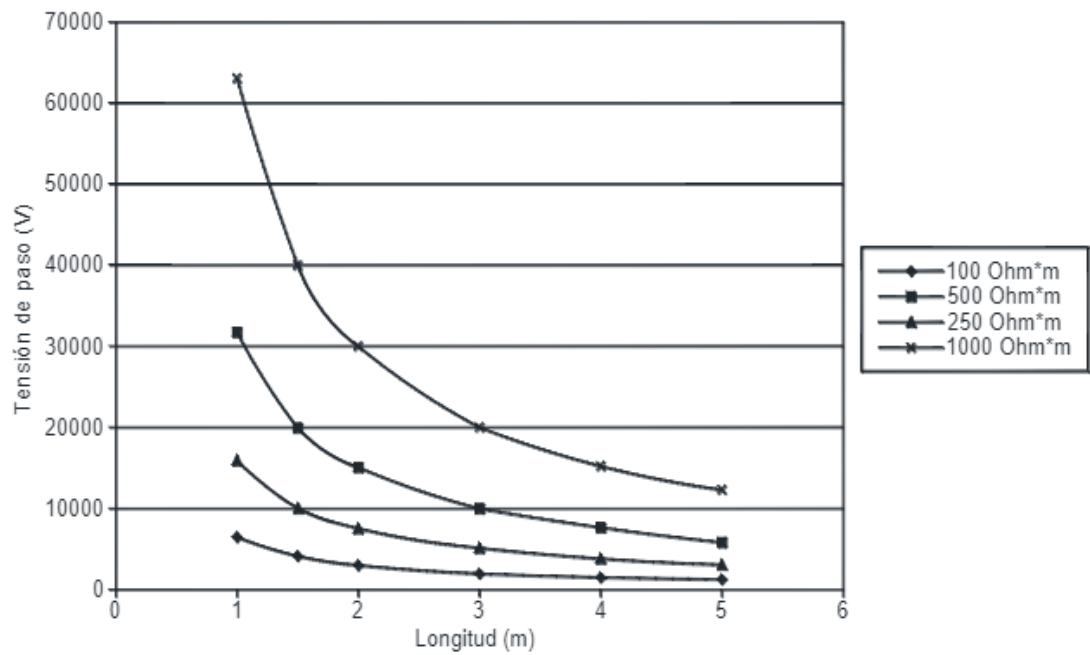
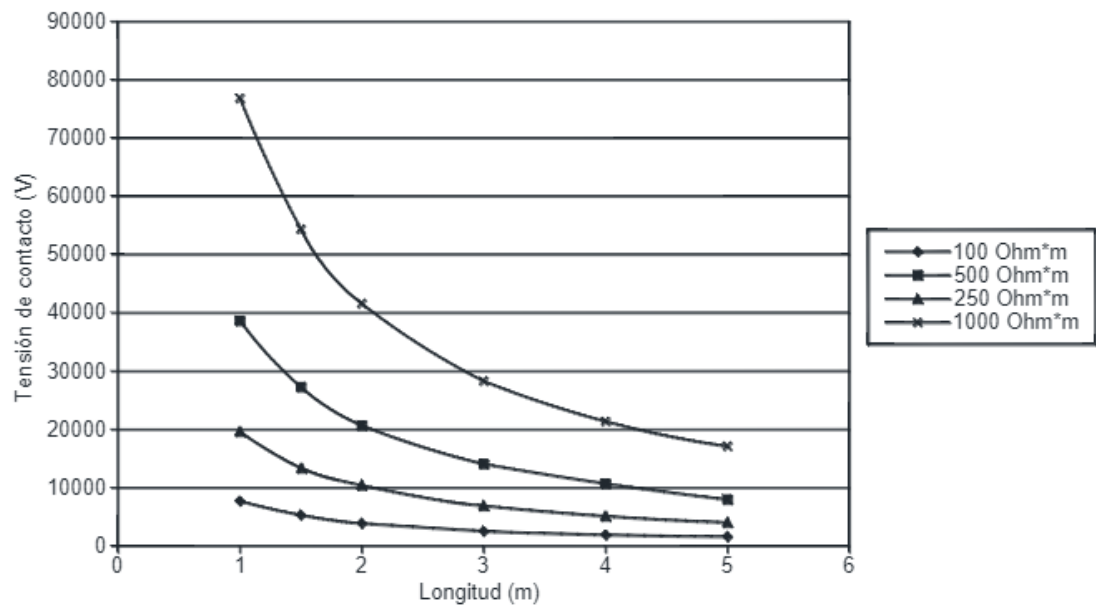


Figura 32. Tensiones de paso y de contacto para electrodos tipo varilla



CASO 2: electrodo horizontal o contrapeso a profundidad de 0,4 m (fig.33)

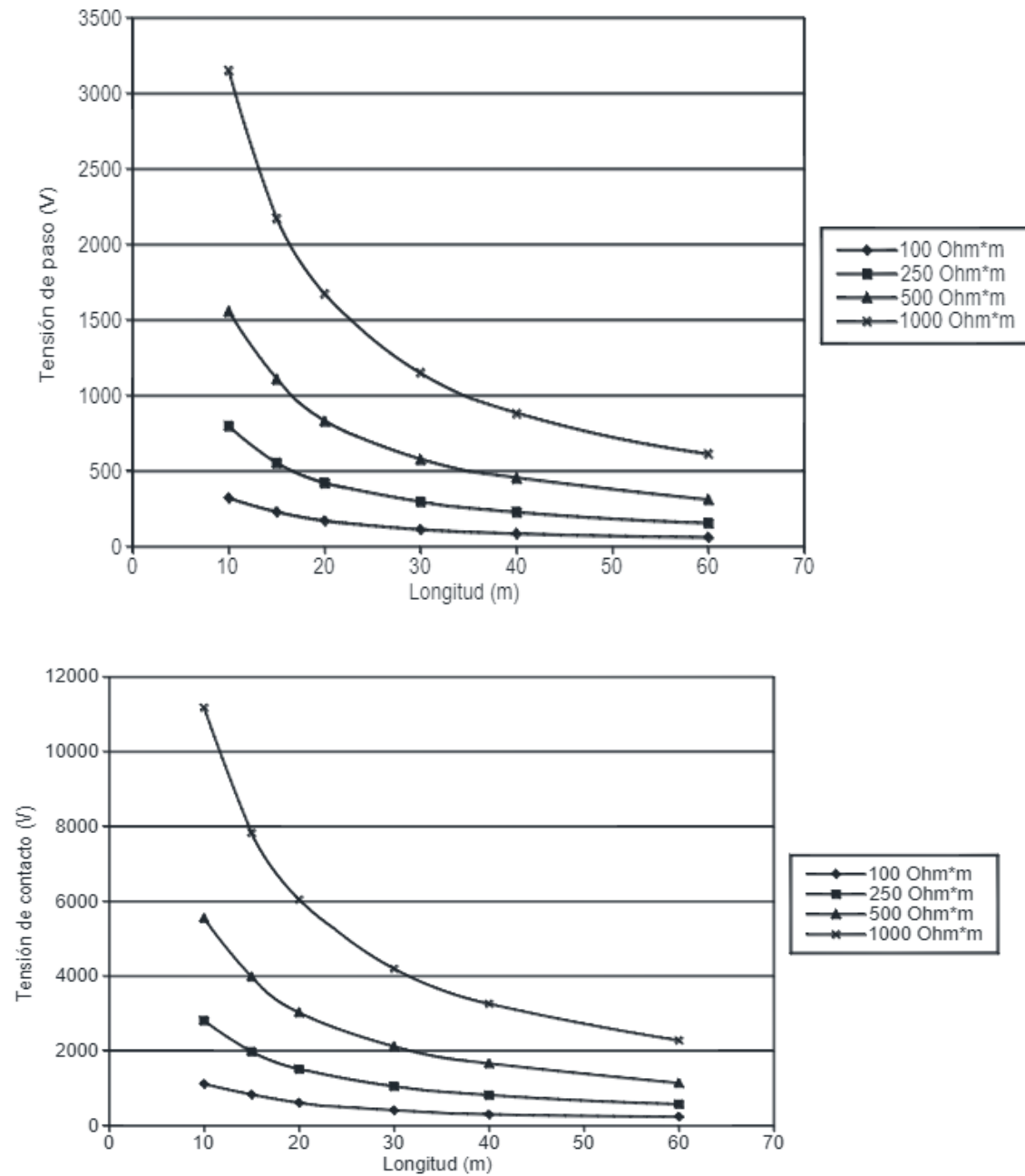


Figura 33. Tensiones de paso y de contacto para diferentes contrapesos



CASO 3: estrella de tres puntas a una profundidad de 0,4m (fig. 34)

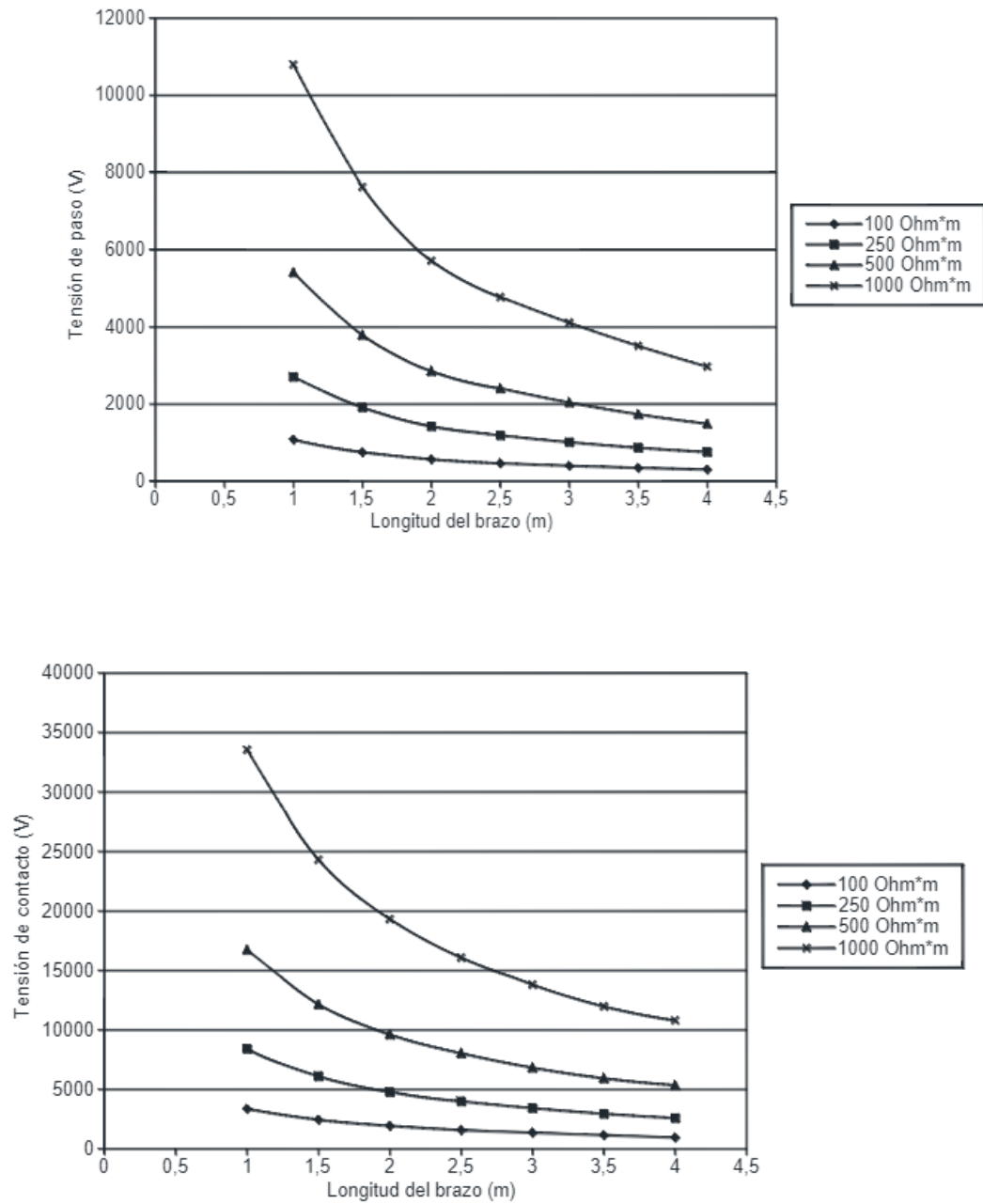


Figura 34. Tensiones de paso y de contacto para estrella de tres puntas



CASO 4: estrella de cuatro puntas a una profundidad de 0,4 m (fig.35)

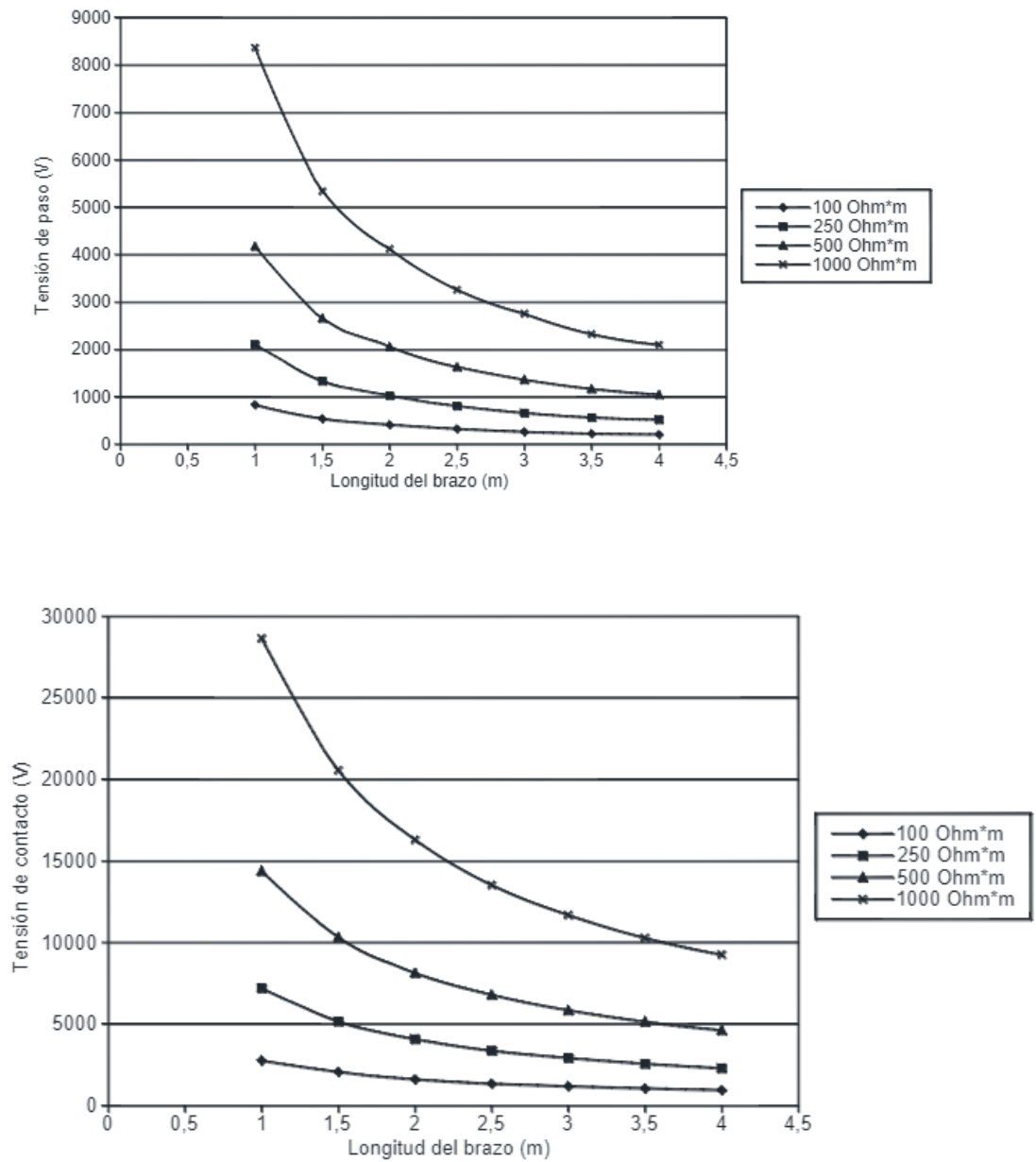


Figura 35. Tensiones de paso y de contacto para estrella de cuatro puntas



CONCLUSION

Con este trabajo conocimos el capítulo 7 (DISEÑO) de la NTC 6307 de sistema de puesta a tierra, nos ilustro como se debe realizar correctamente un sistema de puesta tierra y los cálculos adecuados para tal realización.

BIBLOGRAFIA

<http://biblioteca.sena.edu.co/paginas/bases.html>

NORMA TECNICA COLOMBIA 6307