

# **DISEÑO DE MALLAS DE PUESTAS A TIERRA BAJO LA NORMA IEEE 80-2000, UTILIZANDO HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS EN PLATAFORMAS PARA SISTEMAS OPERATIVOS MÓVILES**

Edwin Marcelo Flores Sandoval

Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas  
ESPE Extensión Latacunga

[edwinsflow@me.com](mailto:edwinsflow@me.com)

## **ABSTRACT**

The importance of implementing an application for designing grounding systems lies in the benefits that will be offered to any student or professional that has a mobile device. By analyzing results, we perform necessary modifications for proper design this may be changing wire gauge when designing a grounding system.

## **RESUMEN**

La importancia de la implementación de una aplicación para el diseño de sistemas de puestas a tierra, radica en las prestaciones que va a brindar a todo estudiante o profesional que cuente con un dispositivo móvil. Mediante el análisis de resultados, se realizara de ser necesario modificaciones para obtener un correcto diseño esto puede ser modificando el calibre de conductor al diseñar un sistema de puesta a tierra.

**Palabras clave: IEEE, Aplicación Móvil, Sistemas Operativos Móviles, Puestas A Tierra, Subestaciones.**

## **I. INTRODUCCIÓN**

En el diseño de sistemas de puestas a tierra, analizando los problemas de calcular y seleccionar un correcto diseño, se va a implementar una aplicación para un dispositivo móvil con el cual se va a diseñar un sistema de mallas de puestas a tierra eficiente mediante la norma internacional IEEE 80-2000, con el cual podremos realizar modificaciones sin necesidad de cometer errores al seleccionar

el tipo de malla o conductor, ya que podremos modificar si fuera el caso para obtener un diseño funcional.

## **II. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA**

El problema radica en que los estudiante de la carrera de Ingeniería Electromecánica en la mayoría de los casos únicamente aprende a resolver problemas sin el uso de la tecnología con lo cual no agilizamos el tiempo al obtener los resultados de cualquier diseño que se este realizando en este caso diseñar mallas de puestas a tierra, por ello surge la necesidad de desarrollar la capacidad de crear aplicaciones que faciliten el trabajo de diseño.

## **III. NORMA IEEE 80-2000**

La norma IEEE generalmente es una guía detallada sobre aspectos técnicos más importantes para el aterrizaje en subestaciones y sistemas eléctricos, e incluyen formulaciones necesarias para realizar los cálculos en lo referente al sistema de puestas a tierra.

El propósito de esta norma es dar delineamientos e información pertinente para sistemas de tierra seguros en el diseño de subestaciones de A.C. Los principales propósitos específicos de la norma son:

- Establecer, como base para le diseño, los limites seguros de las diferencias de potencial que puedan existir en una subestación en condiciones de falla, entre los puntos que pueden

entrar en contacto con el ser humano.

- Revisar las prácticas de aterrizaje de subestaciones y sistemas eléctricos con referencia especial a la seguridad y desarrollar criterios para el diseño seguro.
- Dar un procedimiento para el diseño de sistemas prácticos de aterrizaje basados en esos criterios.
- Desarrollar métodos analíticos como ayuda para el entendimiento y solución de los problemas típicos de gradientes.

#### **IV. PRINCIPALES CONSIDERACIONES DE DISEÑO**

- **Electrodos de tierra principal y auxiliar**

En general, la mayoría de sistemas de aterrizaje o toma a tierra utilizan dos grupos de electrodos de tierra. El primer grupo de electrodos de tierra es diseñado para propósitos de toma a tierra y el segundo de electrodos de tierra son electrodos que incluyen varias estructuras metálicas subterráneas instaladas para otros propósitos que no sean de toma a tierra.

- **Aspectos básicos del diseño de la malla**

Para cimentar las ideas y conceptos básicos, los casos siguientes pueden servir como manual para iniciar un diseño de la típica malla a tierra:

- a. El conductor correspondiente a la malla de puesta a tierra, debe rodear el perímetro para encerrar mucha área como sea práctico. Encerrando más área reduce la resistencia de la malla a tierra.
- b. Dentro de la malla, los conductores se extienden comúnmente en líneas paralelas y donde sea práctico, a lo largo de las estructuras o fila de

equipos para proporcionar conexiones cortas a tierra.

- c. Una malla de puesta a tierra para una subestación puede incluir conductores de cobre desnudo #4/0 AWG, enterrados de 0,3 m a 0,5 m debajo del nivel, con un espaciamiento de 3 m a 15 m de distancia. En las conexiones de cruce, los conductores deben estar empalmados de una forma segura. Las varillas o electrodos de tierra pueden estar en las esquinas de la malla y en los puntos de unión a lo largo del perímetro. Las varillas de tierra también se pueden instalar en equipos importantes, especialmente cerca de los pararrayos.
- d. El sistema de malla sería extendido sobre toda la subestación y con frecuencia más allá del límite de la cerca metálica.

- **Conexión a la malla**

Conductores con la adecuada capacidad y resistencia mecánica deben usarse para la conexión entre:

- a. Todos los electrodos de tierra, como las redes de conexión a tierra, tuberías metálicas de gas o agua, etc.
- b. Sobre todo las partes metálicas conductivas a tierra que podrían llegar a energizarse accidentalmente, tal como estructuras metálicas, carcasas de máquinas, tanques de transformadores, protectores, etc.
- c. Todas las fuentes de corriente de fallas tales como pararrayos, banco de capacitores, transformadores y donde sea apropiado, neutros de máquinas y circuitos de potencia.

#### **Evaluación de la resistencia de tierra**

- **Necesidades usuales**

Un buen sistema de toma a tierra provee una baja resistencia hacia la tierra remota para minimizar el incremento de potencial a tierra. Los valores aceptables para un buen sistema de tierra recomendables en

subestaciones son los indicados en la tabla 1.1

**Tabla 1.1**

**Valores de resistencia de puesta a tierra en subestaciones**

Denominación		Resistencia de tierra
Subestaciones de transmisión y subtransmisión	de	1 $\Omega$ o menos
Subestaciones de distribución pequeñas	de	Desde 1 $\Omega$ hasta 5 $\Omega$

Fuente: [1]

- **Áreas de especial interés**

Los siguientes puntos considerados como áreas de especial interés deben ser de toma a tierra.

- Áreas de servicio.
- Las carcasas metálicas de los equipos eléctricos, ya sean estos: transformadores de potencia, transformadores de medida, interruptores, banco de capacitores, motores, entre otros.
- Estructuras de los tableros de distribución de alumbrado y fuerza.
- Soportes metálicos de cuchillas desconectadas, aisladores de soporte, etc.
- Cerca metálica de la subestación.
- Bajante del hilo de guarda.
- Los pararrayos.
- Circuitos de comunicación.
- Los neutros de los transformadores.
- Tuberías metálicas.

## **V. SISTEMAS OPERATIVOS MÓVILES**

Los Sistemas Operativos para dispositivos móviles se vuelven día a día más importante pues la tecnología avanza a pasos rápidos y en materia de comunicaciones aún más, los dispositivos móviles cada vez más se convierten en parte importante en la vida de las personas, es importante diseñar sistemas que soporten nuevas aplicaciones estas sean fáciles, accesibles y hasta divertidas.

Es por eso que las grandes compañías móviles han desarrollado una competencia en el desarrollo de sistemas operativos, desde los inicios en los años 90 con las versiones de EPOC32 para PDA's hasta lo más avanzados y sofisticados como son Android, iOS, BlackBerry, Windows Phone que además de ser eficientes y estables son multiplataforma, lo que hace que cualquier persona tenga acceso a ellos desde un Smartphone o Tablet.

Un sistema operativo móvil que controla un dispositivo móvil al igual que las computadoras más grandes utiliza Windows, Mac OS. Sin embargo, los sistemas operativos móviles son mucho más simples y están más orientados a la conectividad inalámbrica, los formatos multimedia para móviles y las diferentes maneras de introducir información en ellos.

## **VI. iOS**

iOS (anteriormente denominado iPhone OS) es un sistema operativo móvil de Apple. Originalmente desarrollado para el iPhone, siendo después usado en dispositivos como el iPod Touch, iPad y el Apple TV. Apple, Inc. no permite la instalación de iOS en hardware de terceros. Tenía el 26% de cuota de mercado de sistemas operativos móviles vendidos en el último cuatrimestre de 2010, detrás de Google Android y NokiaSymbian. En mayo de 2010 en los Estados Unidos, tenía el 59% de consumo de datos móviles (incluyendo el iPod Touch y el iPad).

La interfaz de usuario de iOS está basada en el concepto de manipulación directa, usando gestos multitáctiles. Los elementos de control consisten de deslizadores, interruptores y botones. La respuesta a las órdenes del usuario es inmediata y provee de una interfaz fluida. La interacción con el sistema operativo incluye gestos como deslices, toques, pellizcos, los cuales tienen

definiciones diferentes dependiendo del contexto de la interfaz. Se utilizan acelerómetros internos para hacer que algunas aplicaciones respondan a sacudir el dispositivo (por ejemplo, para el comando deshacer) o rotarlo en tres dimensiones (un resultado común es cambiar de modo vertical al apaisado u horizontal).

iOS cuenta con cuatro capas de abstracción: la capa del núcleo del sistema operativo, la capa de "Servicios Principales", la capa de "Medios" y la capa de "Cocoa Touch". La versión actual del sistema operativo (iOS 6.0) ocupa más o menos 770 megabytes, variando por modelo.

### **Características**

- **Pantalla principal**

La pantalla principal (llamada «SpringBoard») es donde se ubican los iconos de las aplicaciones y el Dock en la parte inferior de la pantalla donde se pueden anclar aplicaciones de uso frecuente, aparece al desbloquear el dispositivo o presionar el botón de inicio. La pantalla tiene una barra de estado en la parte superior para mostrar datos, tales como la hora, el nivel de batería, y la intensidad de la señal. El resto de la pantalla está dedicado a la aplicación actual.

- **Carpetas**

Con iOS 4 se introdujo un sistema simple de carpetas en el sistema. Se puede mover una aplicación sobre otra y se creará una carpeta, y así se pueden agregar más aplicaciones a esta mediante el mismo procedimiento. Pueden entrar hasta 12 y 20 aplicaciones en el iPhone e iPad respectivamente. El título de la carpeta es seleccionado automáticamente por el tipo de aplicaciones dentro de ella, pero puede ser editado por el usuario.

- **Multitarea**

Antes de iOS 4, la multitarea estaba reservada para aplicaciones por defecto del sistema. A Apple le preocupaba los problemas de batería y rendimiento si se permitiese correr varias aplicaciones de terceros al mismo tiempo. A partir de iOS 4, dispositivos de tercera generación y posteriores permiten el uso de 7 Apis para multitarea, específicamente:

1. Audio en segundo plano
2. Voz IP
3. Localización en segundo plano
4. Notificaciones push
5. Notificaciones locales
6. Completado de tareas
7. Cambio rápido de aplicaciones

### **VII. DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL DISEÑO DE MALLAS MEDIANTE LA NORMA IEEE 80-2000**

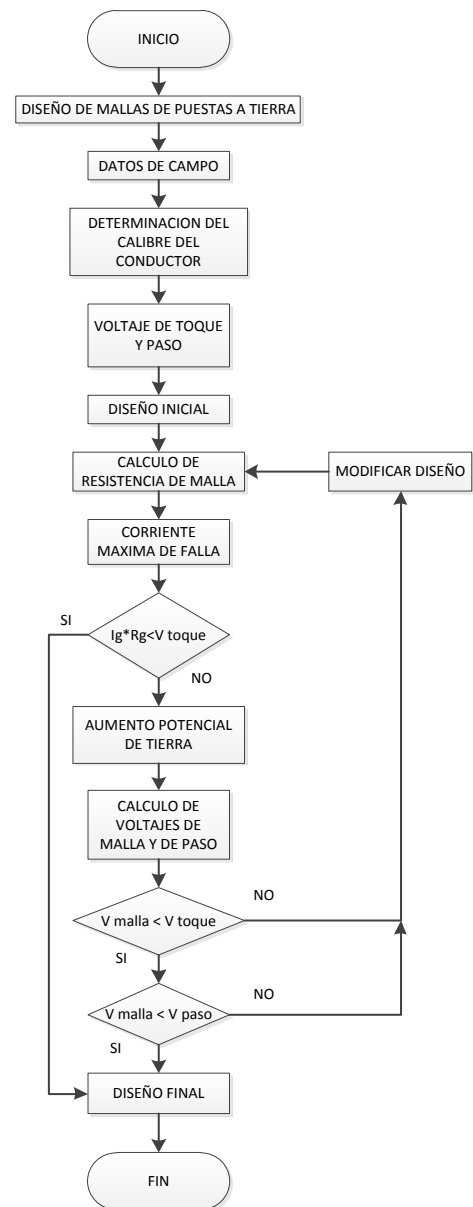
En la figura 1.1 se presenta el diagrama de flujo, para diseño de mallas de puestas a tierra mediante la norma internacional IEEE 80-2000, mediante una serie de pasos para un correcto diseño, tomando en cuenta tablas, gráficos y ecuaciones que se va a presentar más adelante en los pasos a ejecutar para el diseño de mallas de puesta a tierra.

El diagrama de flujo cuenta con un inicio y un final, además cuenta con parámetros de decisiones las cuales vamos a describir. Primero, el diagrama inicia con la presentación del proyecto o diseño a realizar, lo cual puede ser una introducción o la presentación del diseño a realizar.

El diagrama de flujo cuenta con un parámetro de ingreso de datos de campo el cual son datos ingresados por la persona que va a utilizar el diseño, continuamente con los primeros resultados obtenidos por los cálculos del diseño la persona tiene que determinar el calibre del conductor a ser empleado en el cálculo para los siguientes resultados que se va a obtener.

En el paso siguiente, el diseño inicial la persona deberá seleccionar el tipo de malla, si va a utilizar varillas para puesta a tierra o no, también debe seleccionar el diámetro de la malla dependiendo del uso o en donde se la vaya a implementar si fuera el caso o si es para fines didácticos. Ya seleccionado los parámetros si los resultados hasta este paso son los adecuados podemos dar por finalizado el diseño, caso contrario con los siguientes resultados con la utilización de varillas o la utilización de otro tipo de conductor, se comprueba si las condiciones cumplen o no, caso contrario se modificaría los parámetros de la selección del tipo de malla con el cual se aumentaría varillas o el diámetro de la malla debería ser aumentada.

Obtenidos los resultados y cumpliendo las condiciones se da por finalizado el diseño y los resultados obtenidos se los puede emplear tanto para la construcción de un sistema de puestas a tierra para una subestación, además los resultados obtenidos se los puede utilizar para fines didácticos y se puede seguir modificando el diseño hasta obtener mejores resultados o implementando el número de varillas para reducir costos en la construcción pero tomando en cuenta que los resultados pueden variar si no son los ideales o los correctos ya que no en todos los terrenos tienen las mismas condiciones o propiedades de resistividad.



**Figura 1.1 Diagrama de flujo para el diseño de mallas de puestas a tierra.**

## VIII. PASOS PARA EJECUTAR EL DISEÑO DE MALLAS

### 1. DATOS DE CAMPO

Para la realización del diseño debemos tener datos iniciales, los cuales son indispensables ya que estos pueden datos de placa del transformador en los cuales nos da la impedancia; datos de la profundidad que se va a enterrar la varilla, el área que se va a disponer, la resistividad de la tierra ya que son valores que son calculados por

diferentes métodos para la resistividad del suelo.

Nº	DATO	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
1	Duración de la falla	$t_f$	0.5	segundos
2	Impedancia del sistema en el lado de alto voltaje	$Z_1$	$4 + j10$	$\Omega$
3	Impedancia del sistema en el lado de alto voltaje	$Z_0$	$10 + j40$	$\Omega$
4	Factor de división de corriente	$S_f$	0.6	—
5	Voltaje en el primario del transformador	$V_{AV}$	115	KV
6	Voltaje en el secundario del transformador	$V_{BV}$	13	KV
7	Resistividad del suelo	$\rho$	400	$\Omega \cdot m$
8	Resistividad del material de la capa superficial	$\rho_s$	2500	$\Omega \cdot m$
9	Espesor de la capa superficial	$h_s$	0.102	metros
10	Profundidad enterrada la malla	$h$	0.5	metros
11	Impedancia porcentual del transformador	$Z_T$	$0.034 + j1.014$	$\Omega$

## 2. DETERMINACIÓN DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR

Determinar el tamaño del conductor para la malla. La corriente de falla  $3I_0$  debe ser la máxima esperada en el futuro y que será conducida por cualquier conductor en el sistema de puesta a tierra, y el tiempo  $t_c$  debe reflejar el tiempo de despeje máximo posible (incluyendo el respaldo). AMCM,  $t_c$ ,  $d$ ,  $3I_0$ .

Tabla 1.2

Calibre del conductor

## 3. CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO ASIMÉTRICA TRIFÁSICA

La corriente de corto circuito asimétrica trifásica es la mayor corriente de cortocircuito a disipar, su valor sirve para dimensionar el calibre del conductor mediante la ecuación:

$$3I_0 = \frac{(3 \cdot V_{AV})}{Z_{eq}} \quad [A]$$

$$Z_1 = \left( \frac{V_{BV}}{V_{AV}} \right)^2 \cdot Z_1 + Z_T [\Omega]$$
$$3I_0 = \frac{(3 \cdot V_{BV})}{Z_{eqBV}} \quad [A]$$

## 4. SELECCIÓN DEL TIPO DE CONDUCTOR

Mediante el cálculo del área para el calibre del conductor seleccionamos el diámetro del conductor mediante la tabla 1.3 y la tabla 1.4 para el diámetro del conductor.

$$A_{kcmil} = I \cdot K_f \cdot \sqrt{t_f}$$
$$A_C = \frac{\pi \cdot d^2}{4} [mm^2]$$

Tabla 1.3

Tipos de materiales de cable.

Nº	Material	Conductividad (%)	$T_m$ (°C)	$K_f$
1	Cobre, blando	100	1083	7.00
2	Cobre duro cuando se utiliza soldadura exotérmica	97	1084	7.06
3	Cobre duro cuando se utiliza conexiones mecánicas a presión	97	250	11.78
4	Alambre de acero recubierto de cobre	40	1084	10.45
5	Alambre de acero recubierto de cobre	30	1084	12.06
6	Varilla de acero recubierta de cobre	20	1084	14.64
7	Aluminio calidad EC	61	657	12.12
8	Aleación de aluminio 5005	53.5	652	12.41
9	Aleación de aluminio 6201	52.5	654	12.47
10	Alambre de aluminio revestido en acero	20.3	657	17.20
11	Acero 1020	10.8	1510	15.95
12	Varilla de acero galvanizado	9.8	1400	14.72
13	Varilla de acero con baño de zinc	8.6	419	28.96
14	Acero inoxidable 304	2.4	1400	30.05

Fuente: [1]

Tabla 1.4

Tipos de calibre de conductor de cobre desnudo.

Nº	CALIBRE AWG ó MCM	SECCION mm²	DIAMETRO EXTERIOR MM.	PESO TOTAL Kg/Km	SEMIDURO Tensión de Ruptura Kg.	CAPACIDAD DE CORRIENTE AMP.
1	10	5,26	2,94	47,76	175,00	68
2	8	8,37	3,69	75,90	276,00	95
3	6	13,30	4,65	121,00	432,00	129
4	4	21,15	5,88	192,00	682,00	170
5	2	33,62	7,41	305,00	1069,00	230

Fuente: [4]

Nota: La norma internacional IEEE 80-2000 sugiere que como mínimo el calibre del conductor para puestas a tierra sea 2/0 AWG para subestaciones.

## 5. CRITERIO DE TOQUE Y PASO, VOLTAJE DE PASO Y TOQUE

Determinar los voltajes tolerables de toque y de paso para personas con un peso corporal de 70 Kg. La selección de tiempo  $t_s$  está basada principalmente en el criterio del ingeniero diseñador, tomando en cuenta varios parámetros y mediante las siguientes ecuaciones y gráficos.

$$K = \frac{\rho - \rho_s}{\rho + \rho_s}$$

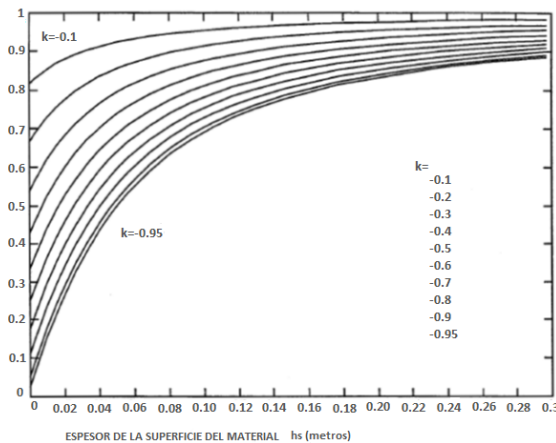
Mediante la figura 2.2 se puede calcular aproximadamente  $C_s$  o mediante la siguiente ecuación para mayor exactitud.

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

Voltaje de paso y de contacto para una persona de 70Kg con capa superficial.

$$V_{P70} = \frac{(1000 + 6 \cdot C_s \cdot \rho_s) \cdot 0.157}{\sqrt{t_f}} [V]$$

$$V_{T70} = \frac{(1000 + 1.5 \cdot C_s \cdot \rho_s) \cdot 0.157}{\sqrt{t_f}} [V]$$



**Figura 1.2  $C_s$  Versus  $h_s$ .**

**Fuente:** [1]

## 6. DISEÑO INICIAL

El diseño inicial o preliminar, debe principalmente incluir un anillo conductor que abarque toda el área de la puesta a tierra, más los conductores adecuados de cruce, con el fin de proporcionar el acceso conveniente de las bajantes a tierra de los equipos, etc. Los estimados iniciales de

espaciamento entre conductores y la localización de las varillas deben estar basados en la corriente  $I_g$  y el área que está siendo llevada a tierra.

$$\text{Calcular el área: } A = (L \cdot L) [m^2]$$

$$L_C = (n_{Cx} \cdot L_x) + (n_{Cy} \cdot L_y) [m]$$

$$L_R = \# \text{varillas} \cdot \text{altura de la varilla}$$

$$L_T = L_C + L_R [m]$$

## 7. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DE MALLA

Se calcula la resistencia de la malla en suelo uniforme, para el diseño final deben realizar cálculos más exactos, considerando las varillas de tierra, la humedad y el área donde se va a utilizar ya que en algunos casos deben modificar el área por tierra con irregularidades, ya que la resistencia que va a calcular es la esperada para una área uniforme, para el cálculo se va a tomar la siguiente ecuación.

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

EC. 33

## 8. CORRIENTE MÁXIMA DE FALLA $I_g$

Se determina la  $I_g$  a disipar por la malla, para evitar un sobredimensionamiento de la malla, considerando solo esa porción de la corriente total de falla  $I_g$  que fluye a través de la malla hacia una tierra remota. La corriente  $I_g$  debe reflejar el peor tipo de falla y localización, el factor de decremento y cualquier expansión futura de la subestación y vivienda si fuera este el caso.

$$I_g = D_f \cdot S_f \cdot 3 \cdot I_0 [A]$$

**Tabla 1.5**

Valores típicos de  $D_F$ .

Nº	Duración de la falla, $t_f$		Factor de decremento, $D_F$			
	Segundos	Ciclos a 60 Hz	X/R=10	X/R=20	X/R=30	X/R=40
1	0.00833	0,5	1.576	1.648	1.675	1.688
2	0.05	3	1.232	1.378	1.462	1.515
3	0.10	6	1.125	1.232	1.316	1.378
4	0.20	12	1.064	1.125	1.181	1.232
5	0.30	18	1.043	1.085	1.125	1.163
6	0.40	24	1.033	1.064	1.095	1.125
7	0.50	30	1.026	1.052	1.077	1.101
8	0.75	45	1.018	1.035	1.052	1.068
9	1.00	60	1.013	1.026	1.039	1.052

Fuente: [1]

## 9. AUMENTO DE POTENCIAL DE TIERRA

Si el GPR (elevación del gradiente de potencial de tierra) del diseño inicial es menor que el voltaje tolerable de toque, no es necesario realizar más cálculos. Solo se requerirá un conductor adicional para proporcionar acceso a las bajantes de los equipos.

$$GPR = I_G \cdot R_g [V]$$

## 10. CALCULO DE VOLTAJE DE MALLA

Si no se cumple la condición anterior, se calcula el voltaje de malla y el voltaje de paso para la malla con suelo uniforme. En las siguientes ecuaciones para determinar n es para el tipo de malla cuadrada na, rectangular nb, en L nc y para una malla diferente de las anteriores nd.

$$n = n_a \cdot n_b \cdot n_c \cdot n_d$$

$$n_a = \frac{2 \cdot L_C}{L_P}$$

$$n_b = \sqrt{\frac{L_P}{4 \cdot \sqrt{A}}}$$

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

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

$$K_{ii} = \frac{1}{(2 \cdot n)^{\frac{2}{n}}}$$

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_0}}$$

$$K_i = 0.644 + 0.148 \cdot n$$

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

Ecuación sin varillas.

$$V_m = \frac{\rho \cdot I_G \cdot K_m \cdot K_i}{L_C + L_R} [V]$$

Ecuación con varillas.

$$V_m = \frac{\rho \cdot I_G \cdot K_m \cdot K_i}{L_C + \left[ 1.55 + 1.22 \cdot \left( \frac{L_r}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right) \right] \cdot L_R} [V]$$

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

$$L_S = 0.75 \cdot L_C + 0.85 \cdot L_R [m]$$

$$V_S = \frac{\rho \cdot I_G \cdot K_S \cdot K_i}{L_S} [m]$$

## 11. VOLTAJE DE MALLA VS VOLTAJE DE TOQUE

Si el voltaje de malla es menor que el voltaje de toque el paso 9 está bien hecho pasaremos al siguiente paso de lo contrario tendremos que realizar un rediseño para corregir algún parámetro como tipo de conductor o el número de varillas a utilizar.

$$V_m < V_{Toque}$$

## 12. VOLTAJE DE PISO VS VOLTAJE DE PASO

Si el voltaje de piso es menor que el voltaje de paso el diseño, pero debe cumplir también el paso de voltaje de malla vs el voltaje de paso para que el diseño este bien hecho.

$$V_S < V_P$$

## 13. REDISEÑO

Si los valores obtenidos tanto de los voltajes tolerables de toque y de paso, no cumplen para el diseño, es necesario hacer un rediseño ya que este podría ser tanto de varillas, el tipo de conductor, el espaciamiento de las varillas y las mallas, etc.

## 14. RESULTADO FINAL

Después de obtener los resultados requeridos de voltajes de paso y de toque, se pueden requerir varillas y mallas adicionales depende del diseño o la ubicación en donde se vaya a implementar. Los conductores adicionales de malla se requieren si su diseño no incluye conductores cerca de los equipos. El diseño final también será revisado para eliminar peligros transferidos tanto por error humano como por descargas atmosféricas.

El diagrama general de diseño de un sistema de puesta a tierra presentado por la norma internacional IEEE 80-2000, considera para todos los cálculos un modelo de suelo uniforme aunque, también se indica que las variaciones de la resistividad del suelo tienen una considerable influencia en el desempeño de la mayoría de los sistemas de puesta a tierra, afectando a los valores de resistencia del sistema de puesta a tierra y el GPR, los voltajes de paso y de toque; igualmente, el espesor de la capa de un modelo de suelo de dos capas afecta el desempeño de los electrodos de tierra.

Después de la implementación y programación para el diseño de mallas de puestas a tierra mediante el programa XCode obtenemos los resultados de la aplicación.

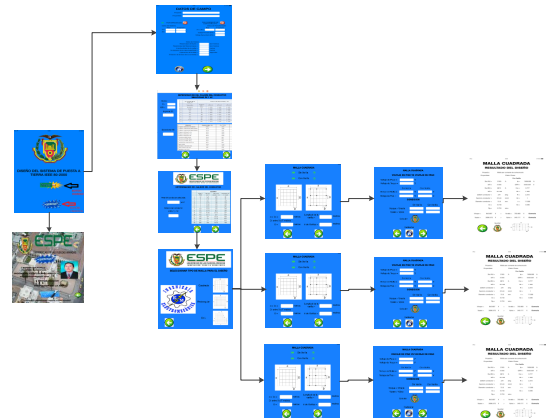


Figura 1.3 Diagrama de la Aplicación

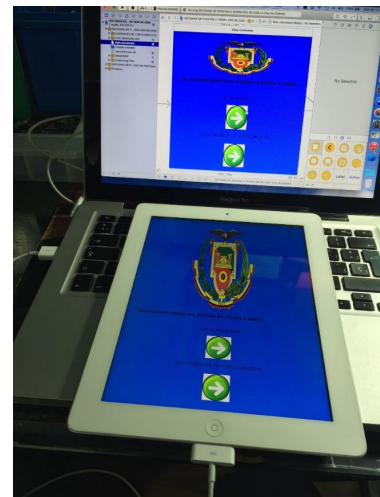


Figura 1.4 Aplicación en funcionamiento

Tabla 1.6  
Resultados obtenidos de un caso.

## IX. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Nº	PARAMETROS	IMPEDANCIAS	APP CC	APP
1	3lo AV	3180	3180	3179.757
2	X/R AV	3.33		3.333
3	3lo BV	6814	6814	6815.186
4	X/R BV	16.2		16.146
5	Calibre Conductor	2/0	2/0	2/0
6	Cs	0.74	0.743	0.743
7	Vpaso	2686.58	2696.573	2696.573
8	Vtoque	838.2	840.667	840.667
9	Rg	2.78	2.776	2.776
10	Ig	2007.2	1908	2007.063
11	GPR	5580	5296.023	5570.992
12	Km	0.89	0.895	0.895
13	Kh	1.225	1.225	1.225
14	Ki	2.272	2.272	2.272
15	Kii	0.57	0.57	0.57
16	n	11	11	11
17	Vmalla	1054.21	1007.183	1059.476
18	Ks		0.406	0.406
19	Vpiso		609.727	641.384

## X. CONCLUSIONES

- Una aplicación realizada en el software nativo del dispositivo móvil, siempre resulta ser más eficiente que al realizar en un aplicativo web o de un desarrollador desconocido, pues la navegación a través del mismo es transparente para el usuario, y es a su vez más fácil si se desea realizar cambios a futuro de la aplicación.
- Con el desarrollo de la presente aplicación se ha conseguido realizar un diseño de sistemas de puestas a tierra eficiente tanto para el estudiante, como para el profesional en el ámbito laboral, ya que es una manera muy fácil de diseñar y obtener resultados rápidos.
- Al programar en Objective C, se toma en cuenta los conocimientos adquiridos en C ya que no cambia mucho la forma de programar y declarar objetos, pero se debe tomar en cuenta los cambios para que la programación resulte mucho más fácil y tener mucho cuidado al declarar las variables ya que depende del programa se pueden

ocupar muchas como pocas variables.

- El uso de dispositivos móviles en la actualidad aumenta la creación de aplicaciones, ya que el usuario no necesita de un gran equipo computacional, para poder realizar un diseño y cálculos de un determinado sistema a realizar.
- Para poder realizar la compilación de la aplicación con el dispositivo móvil se requiere del programa nativo para no tener fallas, como en este caso utilizamos XCode mediante un cable de datos y utilizamos la entrada USB de la computadora.

La aplicación puede tener varias versiones depende que se quiera aumentar o mejorar a futuro para obtener más resultados y esta pueda ser ocupada para más usuarios que estén enseñando o diseñando sistemas de puesta a tierra.

## XI. RECOMENDACIONES

- Este trabajo de diseño e investigación constituye una base de conocimientos y preparación para futuros proyectos que considero los nuevos estudiantes puedan ocuparlo para mejorar y conseguir acciones que puedan facilitar el estudio y mejorar la calidad de vida para otras personas, así como se realizó este proyecto.
- Cabe recalcar que este proyecto no es necesario la utilización de internet para el funcionamiento de la aplicación y se puede obtener mejoras para enviar los resultados a otras aplicaciones o a una página web si fuera el caso.
- Al desarrollar una aplicación móvil es muy importante tener en cuenta siempre utilizar una programación óptima, ya que los dispositivos móviles cuentan con limitado hardware lo que puede afectar el desempeño de la aplicación.
- Para un futuro proyecto utilizando

esta tecnología, se puede realizar una aplicación para el diseño de redes subterráneas como para instalaciones eléctricas domiciliarias.

- Si desea obtener resultados más exactos es recomendable trabajar con tres decimales o más si fuese el caso, pero tomando en cuenta para donde se va aplicar el diseño.
- Si en algún caso no se cuente con los datos para la utilización de ecuaciones sino de figuras es recomendable tener unas figuras nítidas y en mayor escala para tomar datos más fiables para el diseño.

## **XII. REFERENCIAS**

[1] I. P. & E. Society, «IEEE guide for safety in AC substation grounding,» IEEE Power & Energy Society, 2000. [En línea]. Available:

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=6948>. [Último acceso: 15 01 2015].

[2] «Evolving Blog,» [En línea]. Available:

<https://evoldig.wordpress.com/2013/05/16/>. [Último acceso: 15 Febrero 2015].

[3] «muypymes,» [En línea]. Available: <http://www.muypymes.com/2009/05/14/cual-es-el-mejor-ssoo-para-moviles>. [Último acceso: 17 Febrero 2015].

[4] «ElectroCables,» [En línea]. Available: <http://electrocable.com/productos/cobre/cobre-desnudo.html>. [Último acceso: 24 Febrero 2015].

[5] Código Facilito, «Código Facilito,» [En línea]. Available: <https://codigofacilito.com/>. [Último acceso: 10 02 2015].

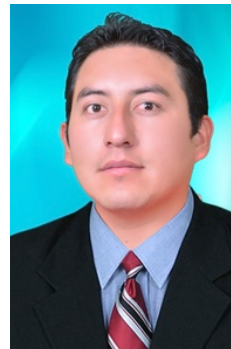
[7] APPLE INC, «APPLE,» [En línea]. Available: <https://www.apple.com/es/ipad>. [Último acceso: 02 02 2015].

[8] F. L. Hernández, de Objective-C, Curso

Práctico para Programadores Mac OSX, iPhone y iPad, Madrid, Grupo RC, 2012, pp. 17-18.

[9] D. M. Bernao, de Iniciate en tablets e internet, Madrid, Altaria Editorial, 2012, pp. 52-53.

[10] F. J. Salazar Jara, Tutorial de desarrollo y distribución de aplicaciones para dispositivos iOS utilizando el IDE XCODE, Cuenca: Universidad del Azuay - Facultad de Ciencias de la Administración - Escuela de Ingeniería de Sistemas, 2013.



Edwin Flores nació en Saquisilí - Ecuador, el 03 de Marzo de 1988; Ingeniero Electromecánico de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga en el 2015.