RETIE

Reglamento técnico de instalaciones eléctricas

Resolución 40117 de ABRIL de 2024

Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos

PROYECTO: APTOS CASA DE LA CULTURA
MONTE BELLO-Antioquia

INGENIERO RESPONSABLE: RAFAEL BEDOYA
MP N° AN 205 - 86897

ABRIL 2025

PRÓLOGO

Respecto a los rayos se puede afirmar, que no existen medios para evitarlos pero existen medidas para ejercer un control que ofrezca seguridad a las personas y a los equipos eléctricos y electrónicos. Un sistema de apantallamiento no induce ni previene la formación del rayo. La protección contra rayos totalmente efectiva no es técnica ni económicamente viable, pero siguiendo las recomendaciones de las normas, la probabilidad de daños será mínima.

Las medidas de protección para una estructura o un conjunto de estructuras se enfocan hacia los efectos directos e indirectos de los impactos cercanos de rayos.

Puede alcanzarse un alto grado de seguridad si se concibe el sistema de protección contra rayos como un sistema integral (SIPRA), protección externa (SPE: ubicación de pararrayos) y protección interna (SPI): protectores contra sobretensiones. Para garantizar mitigar los riesgos asociados a las descargas atmosféricas y sus efectos.

CONTENIDO

Página

INTRODUCCIÓN……

ELABORACION DE LA EVALUACION DE NIVEL DE RIEGO FRENTE A RAYOS……..

1. OBJETIVO……..8

2. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS…….8

3. COMPONENTES DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS……...8

4. TERMINALES DE CAPTACIÓN O PARARRAYOS……..……...8

5. NIVEL DE PROTECCIÓN SELECCIONADO DE ACUERDO CON LA NTC 4552-1……..8

6. SISTEMA DE CAPTACIÓN (NTC 4552 – 3)……9

6.1 UBICACIÓN……..10

6.1.1 Método de la esfera rodantes……..……10

7. CONDUCTORES BAJANTES……..14

7.1 UBICACIÓN PARA SISTEMAS NO AISLADOS……15

7.2 CONSTRUCCIÓN…….……15

8. PUESTA A TIERRA PARA PROTECCIÓN CONTRA RAYOS……..18

8.1 CONFIGURACIÓN TIPO A……19

8.1.1 Tipo A. Electrodos de puesta a tierra radial y vertical……21

9. SEÑALES DE PREVENCION DE PARA LAS BAJANTE DE RAYO QUE QUEDEN EXPUESTAS A EL PUBLICO……...23

10. UNIÓN EQUIPOTENCIAL PARA INSTALACIONES METÁLICAS……24

11. RECURSOS……...24

12. ACCIONES RECOMENDADAS PARA EL NIVEL DE PROTECCION RIESGO III……..25

13. NORMAS Y CODIGOS……25

14. NIVEL DE RIESGO EDIFICIOS CON VIVIENDAS……25

15. EVALUACION DEL NIVEL DE RIESGO……..29

16. RECOMENDACIONES DE COMPORTAMIENTOS FRENTE A RAYOS……..78

16.1. PROCESO DE SELECCIÓN DE DPS……...81

16.2. FORMAS DE ONDA……81

17. PRIMERA CAUSA DE TRANSIENTES: DESCARGA ATMOSFERICA……82

18. IMPACTO DIRECTO……84

19. DPS SELECCIONADO……86

20. MANTENIMIENTO DE SISTEMA DE PUESTA A TIERRA……..88

20.1. PRUEBAS……..88

20.2. REGISTRO……88

21. REFERENCIAS……90

ANEXOS

ANEXO A
RESULTADO ANALISIS DE RIESGO, SOFTWARE IEC RISK ASSESSMENT CALCULATOR VERSION 1.0.3. ACORDE CON LA IEC 62305-2. SIN MEDIDAS DE PROTECCIÓN……30

ANEXO B
RESULTADO ANALISIS DE RIESGO, SOFTWARE IEC RISK ASSESSMENT CALCULATOR VERSION 1.0.3. ACORDE CON LA IEC 62305-2. CON MEDIDAS DE PROTECCIÓN……...30

ANEXO C
PUNTA CAPTADORA PARA PROTECCIÓN CONTRA RAYOS EN ACERO INOXIDABLE Y CABLE PARA LOS BAJANTES……35

ANEXO D
CONECTADORES DE COMPRENSION DE ALUMINIO (OB-1010 BIMETALICOS) O CONECTORES DE CU TIPO C……..…..…38

ANEXO E
REGISTRO FOTOGRAFICO, MEDIDAS DE RESISTIVIDAD Y CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPO DE MEDICION……..44

ANEXO F
CANTIDADES DE MATERIALES PARA EL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS……..……..45

ANEXO G
MATERIALES UTILIZADOS EN EL SISTEMA DE PUESATA A TIERRA……47

ANEXO H
CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA PROTECCIÓN CONTRA RAYOS……..…53

ANEXO I
RECOMENDACIONES DE COMPORTAMIENTO FRENTE A RAYOS……..…….77

ANEXO J
CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL DPS……..…80

ANEXO K
MANTENIMIENTO DEL SISTEMA PUESTA A TIERRA……87

FIGURAS

Figura 1. Utilización del método de la esfera rodante……12

Figura 2. Área de protección mediante el método de la esfera rodante……12

Figura 3. Curvatura de conductores (Tomado de NFPA-780)……16

Figura 4. Longitud mínima l_1 de cada electrodo de acuerdo con la clase del NPR……20

Figura 5. Ejemplos de dos electrodos verticales en un arreglo tipo A……..22

Figura 6. Mapa de ISO-Niveles Ceraunicos para Colombia (Area de 30km x 30km)……...28

TABLAS

Tabla 1. Valores máximos del radio de la esfera rodante según el nivel de protección……..11

Tabla 2. Características de los terminales de captación y bajante……..……13

Tabla 3. Distancia de separación promedio para conductores bajantes……17

Tabla 4. Máximo periodo entre mantenimientos de un SPT……..88

INTRODUCCIÓN

El rayo es un fenómeno meteorológico de origen natural. De acuerdo con las investigaciones científicas realizadas en Colombia en las últimas tres décadas y lideradas por la Universidad Nacional de Colombia en cabeza del investigador Horacio Torres Sánchez, las cuales han quedado plasmadas en publicaciones internacionales y libros sobre el tema, permiten concluir que los parámetros del rayo son variables espacial y temporalmente. Colombia al estar situada en la Zona de Confluencia Intertropical, presenta una de las mayores actividades de rayos del planeta; de allí la importancia de la protección contra dicho fenómeno, pues si bien los métodos desarrollados a nivel mundial se pueden aplicar, algunos parámetros del rayo son particulares para esta zona. Tales condiciones obligan a que se tomen las medidas para minimizar los riesgos por los efectos del rayo, tanto en las edificaciones como en las instalaciones eléctricas

La evaluación del nivel de riesgo por rayos, **debe** considerar la posibilidad de pérdidas de vidas humanas, pérdida del suministro de energía y otros servicios esenciales, pérdida o graves daños de bienes, pérdida cultural, así como los parámetros del rayo para la zona tropical, donde está ubicada Colombia y las medidas de protección que mitiguen el riesgo; por tanto, debe basarse en procedimientos establecidos en normas técnicas internacionales como la **IEC 62305-2**, de reconocimiento internacional o la **NTC 4552-2.**

Las instalaciones que hayan sido construidas dentro de la vigencia del **RETIE**, que les aplica este requisito y que requieran la implementación de medidas para controlarlo, **deben** darle cumplimiento en un periodo no superior a 12 meses de la entrada en vigencia del presente.

Las centrales de generación, líneas de transmisión, redes de distribución en media tensión y las subestaciones construidas con posterioridad al 1º de mayo de 2005 deben tener un estudio del nivel de riesgo por rayos, soportado en norma técnica internacional, de reconocimiento internacional o NTC. También **deben** contar con una evaluación del nivel de riesgo por rayo, las instalaciones de uso final donde se tenga alta concentración de personas, tales como: **Edificaciones de viviendas multifamiliares**, edificios de oficinas, hoteles, centros de atención médica, lugares de culto, centros educativos, centros comerciales, industrias, supermercados, parques de diversión, prisiones, aeropuertos, cuarteles, salas de juzgados, salas de baile o diversión, gimnasios, restaurantes, museos, auditorios, boleras, salas de clubes, salas de conferencias, salas de exhibición, salas de velación, lugares de espera de medios de transporte masivo. Igualmente aplica a edificaciones aisladas, edificaciones con

alturas que sobresalgan sobre las de su entorno y donde se tenga conocimiento de alta densidad de rayos.

El estudio de evaluación del nivel de riesgo por rayo debe estar disponible para revisión de las autoridades de vigilancia y control

ELABORACION DE LA EVALUACION DE NIVEL DE RIEGO FRENTE A RAYOS

● *La evaluación del nivel de riego por rayos se basara en procedimientos establecidos en la norma técnica* ***NTC 4552 – 2*** *o en la norma técnica internacional* ***IEC 62305 – 2****.*

● *Tomando como referente lo anterior se realizara bajo el software de la norma internacional* ***IEC 62305 – 2****. Edición 2005 – 01* ***IEC Risk Assessment Calculator: Version 1.0.3****.*

● *Como resultado de la evaluación de nivel de riesgo frente a rayos se observó que la instalación del* ***APTOS CASA DE LA CULTURA*** *presenta* ***PERDIDAS DE VIDAS HUMANAS****.* ***(Véase el anexo A).***

● *Por lo que se hace necesario implementar medidas de protección para mitigar los riesgos ya evaluados. Acciones recomendables; sistemas de protección externo (SPE) con mínimo dos bajantes, sistema de protección interno (SPI) con DPS en tres sectores (acometidas y equipos), cableados equipotencialización y puestas a tierra según NEC ó IEC 60364.*

● *A continuación se evaluará nuevamente el* ***APTOS CASA DE LA CULTURA*** *con medidas de protección.* ***(Véase el Anexo B).***

● *De los resultados de la segunda evaluación del anexo B pudimos apreciar que todos los riesgos de* ***pérdidas de vidas humanas, pérdidas de servicios públicos, pérdidas de patrimonio y pérdidas económicas*** *fueron evaluados y controlados.*

1. OBJETIVO

● *Este informe tiene como objetivo presentar medidas de prevención contra los riesgos eléctricos asociados a las descargas eléctricas producidas por los rayos para mitigar los riesgos asociados y así evitar las pérdidas de la vida humana, animal y de los equipos o bienes de la instalación por medio de sobretensiones de paso y de contacto.*

● *Aclaramos que los riesgos asociados a las descargas eléctricas atmosféricas no se pueden evitar, pero si se pueden tomar medidas para prevenir los riesgos asociados a las mismas y aun así no considerando una efectividad o garantía total.*

2. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS

La protección se **debe** basar en la aplicación de un sistema integral, conducente a mitigar los riesgos asociados con la exposición directa e indirecta a los rayos. El diseño e implementación, deben realizarse aplicando metodologías reconocidas por normas técnicas internacionales como la **IEC 62305-3,** de reconocimiento internacional o la **NTC 4552**, las cuales se basan en el método electrogeométrico. El profesional competente, encargado de un proyecto debe incluir unas buenas prácticas de ingeniería de protección contra rayos, con el fin disminuir sus efectos, que pueden ser de tipo electromagnético, mecánico o térmico.

3. COMPONENTES DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS

El sistema de protección contra rayos **debe** tener los componentes descritos en **la tabla 2 (16.1 del RETIE)** que especifica las características de los Terminales de captación y bajantes.

4. TERMINALES DE CAPTACIÓN O PARARRAYOS

Cualquier elemento metálico de la estructura que se encuentre expuesto al impacto del rayo, como antenas de televisión, chimeneas, techos, torres de comunicación y cualquier tubería que sobresalga, **debe** ser tratado como un terminal de captación siempre que se garantice su capacidad de conducción y continuidad eléctrica. **En la Tabla 2 (16.1 del RETIE)**, adaptada de las normas **IEC 62305** e **IEC 61024-1,** se presentan las características que deben cumplir los pararrayos o terminales de captación construidos para este fin.

5. NIVEL DE PROTECCIÓN SELECCIONADO DE ACUERDO CON LA NTC 4552-1

*De acuerdo con la **NTC 4552-1** hemos seleccionado un nivel de riesgos, **nivel III**, para la protección externa en la parte superior del **APTOS CASA DE LA CULTURA,** por tratarse de un nivel de riesgo de la estructura nivel medio, pero con posibilidades de ser impactado directamente por descargas atmosféricas eléctricas, las cuales pueden producir lecciones por sobretensiones que produzcan daños a equipos electrónicos y bienes materiales, así como en las personas por medio de tensiones de toque y de paso.*

*Con este nivel de riesgo seleccionado el radio de la esfera rodante se puede escoger a partir de la **tabla 1 (tabla 2 de la NTC 4552-3)** y con la siguiente información de la norma procedemos a especificar como se construirá la protección externa contra descargas atmosféricas en la parte superior de la edificación, para ello hemos seleccionado el método de la esfera rodante que es uno de los tres métodos que se pueden escoger según la norma **NTC 4552-3.***

6. SISTEMA DE CAPTACIÓN (NTC 4552 – 3)

El sistema de captación es el encargado de interceptar los rayos que vayan a impactar directamente a la estructura y enviar la corriente de rayo por los bajantes de la edificación.

La probabilidad de que en una estructura sea penetrada por una corriente de rayo decrece considerablemente por la presencia de un sistema de captación diseñado adecuadamente.

El sistema de captación puede ser compuesto por cualquier combinación de los siguientes elementos:

- Bayonetas (incluyendo mástiles autosoportados)
- Cables colgantes
- Mallas de conductores

● *Para el **APTOS CASA DE LA CULTURA** hemos tomado **puntas de acero inoxidable tipo franklin modelo blunt de 0.60m,** como sistema de captación o para rayos alrededor de la estructura en la parte superior se utilizó como anillo superior de protección contra impactos de rayos un conductor de **AL-ACSR AAAC 6201 Nº 1/0 Desnudo (véase el anexo C de la tabla 16.1 del RETIE)***

Para cumplir con esta normatividad todos los tipos de sistemas de captación deben estar ubicados de acuerdo a los numerales 6.1

● *Para cumplir con esta normatividad se ha unido equipotencialmente todas las **puntas de captación** por medio del conductor de **AL-ACSR AAAC 6201 Nº 1/0 Desnudo** mediante conectores **AL - OB 1010 y tubulares bimetálicos (Véase el anexo D)***

Las barras de captación deben estar conectadas entre ellas a nivel de techo para asegurar la división de corrientes ***(Véase el detalle del diseño).***

● *En el diseño se especifica que cada punta debe tomar o tener 2 caminos en donde se puedan dispersar las corrientes producidas por las descargas eléctricas atmosféricas.*

No se pueden utilizar terminales de captación con elementos radioactivos.

● *Están prohibidas por el **RETIE** en el **artículo 16.3.1***

6.1 UBICACIÓN

Las terminales de captación instaladas en una estructura se deben localizar en las esquinas, puntos expuestos sobresalientes de la estructura y en los bordes. Se debe tener en cuenta que los dispositivos de interceptación de rayos deben ser varillas metálicas sólidas o tubulares en forma de bayoneta; con una altura por encima de las partes altas de la estructura, no menor a 25 cm.

● *En el diseño se especificó que la puntas de captación **tipo Franklin** se ubicara en el punto más sobresaliente de la estructuras, son **varillas metálicas solidas en acero inoxidable de 0.60m (Véase planos del proyecto)***

Deben estar posicionados de acuerdo con uno o más de los siguientes métodos:

El método de ángulo de protección, el método de la esfera rodante y el método de enmallado, tal como se describen a continuación.

Para utilizar de los métodos de diseño se debe considerar lo siguiente:

- El método de esfera rodante es aplicable para estructuras con altura menor a 55 m

● *Se ha seleccionado el método de la esfera rodante **APTOS CASA DE LA CULTURA** con un nivel de protección **nivel III** que corresponde a 50m de la esfera rodante **(véase la tabla 1 y las figuras 1 y 2)***

- El método del ángulo de protección es útil para edificaciones con formas simples pero está limitado a la altura de los mismos y el tamaño del sistema de captación.

- El método de enmallado es útil para proteger superficies planas como techos y terrazas.

Los valores para el ángulo de protección, el radio de la esfera rodante y el tamaño de la malla están dados para cada tipo de SIPRA

6.1.1 Método de la esfera rodantes

Dependiendo del nivel de protección de acuerdo con la **NTC 4552 – 1** el radio de la esfera rodante se puede escoger a partir de la tabla 1

Tabla 1. Valores máximos del radio de la esfera rodante según el nivel de protección

Nivel de protección	Radio de la esfera(*rSC*) [m]
Nivel I	35
Nivel II	40
Nivel III	***50***
Nivel IV	55

NOTA el diseñador es libre de usar cualquier radio de la esfera, siempre y cuando estos sean inferiores a los mostrados en la tabla 1

NOTA el procedimiento de obtención de estos radios esta descrito de la **NTC 4552-1**

Estos niveles y corrientes están dados para que con el radio escogido cualquier corriente igual o superior a la escogida sea interceptada por el sistema de protección externo y no impacte directamente a la estructura.

El posicionamiento de los terminales de captación debe realizarse de manera tal que la esfera escogida por el nivel de protección nuca toque ninguna parte de la estructura, de este modo la esfera siempre estará soportada por algún elemento del sistema de captación.

● *Para tal garantía se ha utilizado el software AutoCAD en 2D para garantizar que al mover o girar el radio de la esfera en la estructura superior de la instalación siempre impacte sobre las puntas de captación o el cable desnudo que ha sido extendido en el borde del mismo* ***(véase el diseño definitivo proyectado)***

En la práctica para determinar gráficamente la altura mínima de la instalación de interceptación, se trazan arcos de circunferencia con radio igual a la distancia de impacto ***rSC1*** entre los objetos a ser protegidos y el sistema de captación, de tal forma que los arcos sean tangentes a la tierra y a los objetos o tangentes entre objetos; cualquier estructura por debajo de los arcos estará protegida por el o los objetos que conformen el arco, y cualquier objeto que sea tocado por el arco estará expuesto a descargas directas.

En estructuras más altas que el radio de la esfera rodante, pueden existir rayos que impacten los costados de éstas. Cada punto lateral de la estructura tocado por la esfera rodante es un punto factible de ser impactado. Sin embargo, la probabilidad de que rayos impacten los costados es prácticamente despreciable para estructuras menores a 60 m.

● *Por lo anterior mencionado no se proyecta anillos intermedios para protección de los costados de la instalación por tratare de una instalación menor a 60 m*

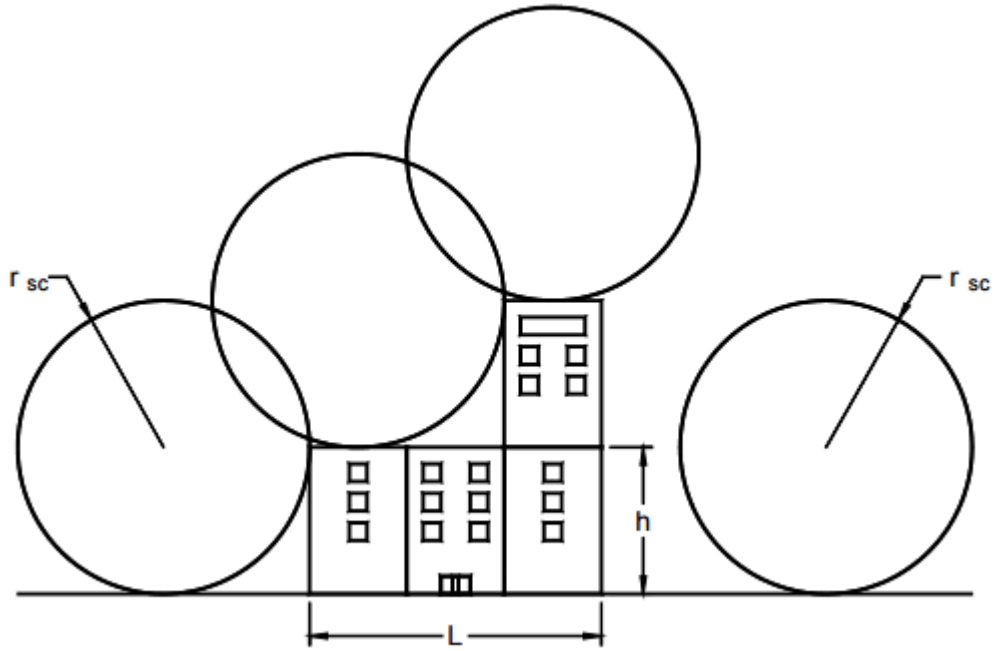


Figura 1. Utilización del método de la esfera rodante

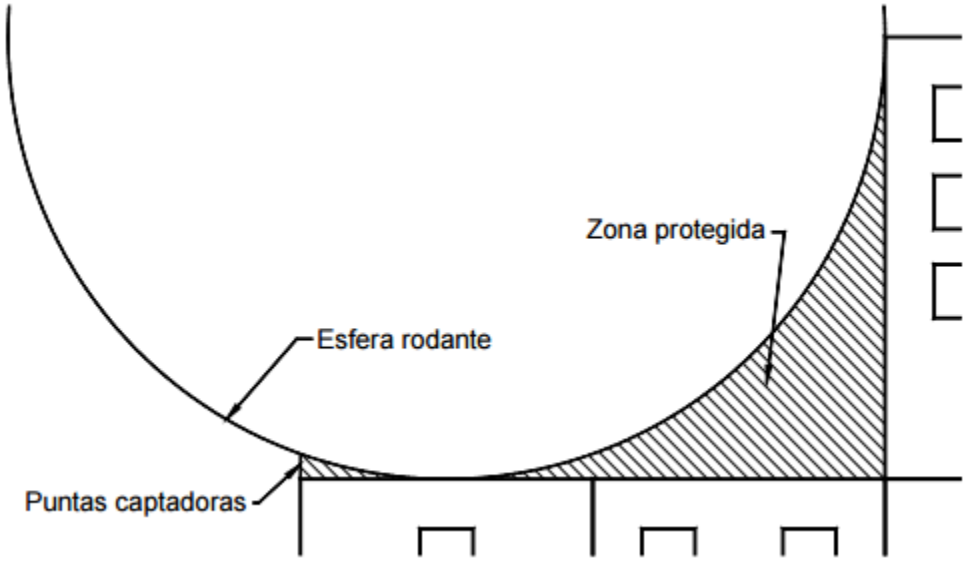


Figura 2. Área de protección mediante el método de la esfera rodante

Tabla 2 (16.1 del RETIE) Características de los terminales de captación y bajantes *de la cual se ha seleccionado las puntas tipo Franklin captadoras para rayos y el cable a nivel de piso de la instalación* ***APTOS CASA DE LA CULTURA***

MATERIAL	CONFIGURACIÓN	ÁREA MÍNIMA [1]) (mm2)	DIÁMETROS Y ESPESORES MÍNIMOS [2])
Cobre	Cinta sólida	50	2 mm de espesor
	Alambre	50	8 mm de diámetro
	Cable	50	1,7 mm de diámetro por hilo
	Varilla	200	16 mm de diámetro
Aluminio o aluminio recubierto de cobre	Cinta sólida	70	3 mm de espesor
	Alambre	50	8 mm de diámetro
	Cable	50	1,7 mm de diámetro por hilo
Aleación de aluminio 6201	*Cinta sólida*	*50*	*2,5 mm de espesor*
	Alambre	*50*	*8 mm de diámetro*
	Cable	*50*	*1,7 mm de diámetro por hilo*
	Varilla	*200*	*16 mm de diámetro*
Acero galvanizado en caliente o acero recubierto de cobre	Cinta sólida	50	2,5 mm de espesor
	Alambre	50	8 mm de diámetro
	Cable	50	1,7 mm de diámetro por hilo
	Varilla	200	16 mm de diámetro
			Espesor de la capa: 50 µm
Acero inoxidable	*Cinta sólida*	*50*	*2,5 mm de espesor*
	Alambre	*50*	*8 mm de diámetro*
	Cable	*70*	*1,7 mm de diámetro por hilo*
	Varilla	*200*	*16 mm de diámetro*
Bronce	Alambre	50	8 mm de diámetro
	Tubo	50	4 mm de espesor
	Varilla	200	16 mm de diámetro
Si aspectos térmicos y mecánicos son importantes, estas dimensiones se pueden aumentar a 60 mm2 para cinta sólida y a 78 mm2 para alambre. En las dimensiones de espesor, ancho y diámetro se admite una tolerancia de ±10 %. No se deben utilizar terminales de captación o pararrayos con elementos radiactivos.			

NOTA: Los terminales de captación no requieren Certificación de Conformidad de Producto. El constructor e inspector de la instalación verificarán el cumplimiento de los requisitos dimensiónales. Para efectos de este reglamento, el comportamiento de todo pararrayos o terminal de captación **debe** tomarse como el de un pararrayos tipo Franklin.

- *Se deberá garantizar que todos los materiales utilizados tengan certificación* ***RETIE*** *de producto el constructor y propietario deberán garantizarlo.*

7. CONDUCTORES BAJANTES

● *Todos los conductores bajantes deberán cumplir con las características especificadas en la* ***tabla 2 (Tabla 16.1 del RETIE, véase la tabla 2, anexo C).***

● *En nuestro diseño de acuerdo con la* ***tabla 2 (Tabla 16.1 del RETIE)*** *hemos seleccionado un conductor de* ***AL-ACSR AAAC 6201 Nº 1/0 Desnudo*** *como conductor bajante de corrientes de descargas atmosféricas eléctricas* ***(véase el diseño).***

● *Garantizando así al menos dos caminos paralelos a la corriente lo más directa posible al sistema de puesta a tierra seleccionado para las descargas.*

● *Las partes de la estructura conductoras que se encuentren a menos de 1.80 m de los bajantes se debe unir equipotencialmente a este.*

a. El objeto de los conductores bajantes o simplemente bajantes, es conducir a tierra, en forma segura, la corriente del rayo que incide sobre la estructura e impacta en los pararrayos. Con el fin de reducir la probabilidad de daños debido a las corrientes del rayo que circulan por el Sistema de Protección contra Rayos, las bajantes **deben** disponerse de tal manera que desde el punto de impacto hasta tierra existan varios caminos en paralelo para la corriente, la longitud de los caminos de corriente se reduzca al mínimo y se realicen conexiones equipotenciales a las partes conductoras de la estructura

b. En los diseños se **deben** considerar dos tipos de bajantes, unirlas directamente a la estructura a proteger o aislarlas eléctricamente de la misma. La decisión de cual tipo de bajante utilizar depende del riesgo de efectos térmicos o explosivos en el punto de impacto de rayo y de los elementos almacenados en la estructura. En estructuras con paredes combustibles y en áreas con peligro de explosión se debe aplicar el tipo aislado.

● *En el diseño se consideró que el bajante quedara unido directamente a la estructura a proteger por tratarse de una instalación con muy poca probabilidad de ambientes explosivos, y la edificación no contener en su interior almacenado elementos explosivos como combustibles o áreas clasificadas peligrosas.*

c. La interconexión de bajantes se **deben** hacer en la parte superior; son opcionales la interconexión a nivel de piso y los anillos intermedios.

● *Por tratarse de una instalación de media altura, y no contener áreas clasificas peligrosas con riego de explosión causado por una descarga atmosférica y hallarse en un terreno con*

*baja resistividad **(63 Ωm)** garantizando solamente un anillo superior en la edificación **(Véase el diseño y el anexo H)** medidos con un telurómetro UNI-T*

d. La geometría de las bajantes y la de los anillos de unión afecta a la distancia de separación.

7.1 UBICACIÓN PARA SISTEMAS NO AISLADOS

Para cada sistema de protección externo el número de bajantes no debe ser inferior a 2 y debe estar distribuido por el perímetro de la estructura a proteger, sujeto a restricciones prácticas y arquitectónicas.

● Este diseño contempla **cuatro bajantes** en cada una de las esquinas del edificio **(Véase el diseño)**

Las bajantes deben distribuirse simétricamente alrededor de la estructura a proteger, ubicadas en la parte exterior de esta y distanciadas entre sí de acuerdo con la tabla 3 con el fin de reducir la probabilidad de daño debido a corrientes de rayo fluyendo por el sistema de protección externo. Su separación puede variar dependiendo de objetos que puedan interferir con su recorrido, como ventanas, puertas, rejillas etc. Pero es recomendable una separación igual entre las bajantes. Además cada estructura debe poseer por lo menos dos bajantes y se debe instalar una en cada esquina de la estructura expuesta siempre que sea posible.

7.2 CONSTRUCCIÓN

La longitud de las bajantes debe ser la menor posible, evitando la formación de lazos o curvaturas en su trayectoria y en el caso que estas últimas sean inevitables, su ángulo interior no debe ser menor a **90°** y su radio de curvatura no menor a 200 mm **(Véase el detalle 06 del diseño 01)**

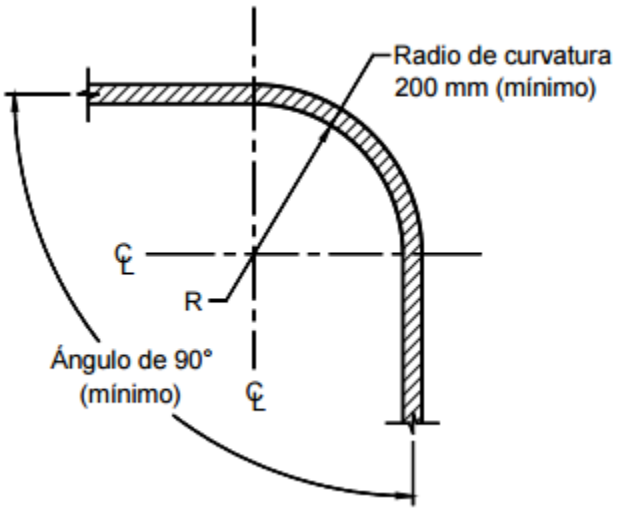


Figura 3. Curvatura de conductores (Tomado de NFPA-780)

No es recomendable ubicar bajantes donde se congreguen o transiten personas frecuentes como es el caso de escaleras y vías operacionales, ni se permite ubicar las bajantes en los ductos de ascensores o conductos internos a la edificación.

Es recomendable que exista una bajante en cada esquina expuesta de la estructura.

Las bajantes deben ser instaladas de tal manera que garanticen continuidad entre los conductores del sistema de captación.

Las bajantes no deberán ser instaladas dentro de canaletas para aguas aún si están cubiertas con material aislante.

Los conductores bajantes de un sistema de protección externo no aislados de la estructura a proteger pueden ser instalados siguiendo las siguientes recomendaciones:

- Las bajantes pueden ser ubicadas sobre la superficie de paredes si son de material no combustible

● *En el diseño se especifica que los bajantes se pueden introducir en el interior o embebido en las columnas de la edificación en* ***tubería PVC****, o expuestos en la superficie* ***en tubería metálica galvanizada 3/4”*** *sujetados con abrazaderas doble alas galvanizadas de 3/4* ***(Véase el detalle 08 del diseño 02)***

- Si la pared es de material fácilmente combustible las bajantes pueden ser ubicadas sobre la superficie de la pared, si se logra garantizar que el incremento de temperatura en las bajantes por el paso de corriente de rayo no sea peligrosa para el material de la pared.

- Si la pared es de material fácilmente combustible y el incremento de temperatura en los conductores de las bajantes es peligroso, los conductores deben ser instalados de manera tal que la distancia entre la pared y estos sea de al menos de 0,1 m. Cuando esta distancia no se pueda obtener, es indispensable que la sección transversal del conductor no sea menor a 100 mm²

e. En la Tabla 3 se dan las distancias típicas recomendadas entre los conductores bajantes y entre anillos equipotenciales, en función del Nivel de Protección contra Rayos (NPR).

Tabla 3. Distancia de separación promedio para conductores bajantes

NPR	DISTANCIA TÍPICA PROMEDIO [m]
I	10
II	10
III	***15***
IV	20

f. La instalación de más bajantes, espaciadas de forma equidistante alrededor del perímetro y conectadas mediante anillos equipotenciales, reduce la probabilidad de que se produzcan chispas peligrosas y facilita la protección interna. Esta condición se cumple en estructuras totalmente metálicas y en estructuras de concreto en las que el acero de refuerzo es eléctricamente continuo.

g. El número de bajantes **no debe** ser inferior a dos y deben ubicarse en el perímetro de la estructura a proteger, en función de las restricciones arquitectónicas y prácticas. Deben instalarse, en la medida de lo posible, en las esquinas opuestas de la estructura.

h. Cada bajante debe terminar en una puesta tierra que tenga un camino vertical y otro horizontal a la corriente.

● *En el diseño de protección contra rayos del **APTOS CASA DE LA CULTURA** se proyecta un sistema de puesta a tierra **con 12 electrodos verticales de 2.40 m x 5/8”** en línea distanciados a 5 metros con un conductor de **Cu – AWG N° 1/0 desnudo,** unidos eléctricamente con soldadura exotérmica de 90° en cada una de las bajantes del edificio **(4 bajantes)** (**Véase el anexo G, el diseño y la tabla 2 “16.1 del RETIE”**)*

i. Las bajantes **deben** instalarse, de manera que sean una continuación directa de los conductores del sistema de captación.

j. Los conductores bajantes deben instalarse de manera rectilínea y vertical, siguiendo el camino más corto y directo a tierra. Debe evitarse la formación de bucles en el conductor bajante y de curvas de menos de 20 cm de radio

k. Las bajantes **no deben** instalarse en canales de drenaje de aguas, incluso si tienen un aislamiento eléctrico.

l. Los materiales **deben** cumplir las especificaciones dadas en la **Tabla 16.1**

m. Los marcos o elementos de la fachada pueden ser utilizados como bajantes, si son perfiles o rieles metálicos y sus dimensiones cumplen con los requisitos para los conductores bajantes, es decir, para laminas o tubos metálicos su espesor no sea inferior a 0,5 mm y su equipotencialidad vertical sea garantizada de tal manera que fuerzas mecánicas accidentales (por ejemplo, vibraciones, expansión térmica, etc.) no causen el rompimiento de los materiales o la pérdida de equipotencialidad.

n. La puesta a tierra de protección contra rayos **debe** interconectarse con las otras puestas a tierra de la edificación.

● *Se deberán unir todos los sistemas de puestas a tierras de la instalación; sistema de puesta a tierra de protección contra rayos, sistema de puesta a tierra de equipos sensibles, sistema de puesta a tierra de subestación tipo interior o tipo exterior, o con cualquier sistema de puesta a tierra existente.* ***(Véase la figura 15.1 y el articulo 15.1 literal E del RETIE)***

●*Dicha unión equipotencial se deberá hacer mínimo en calibre Cu AWG N° 1/0, si es subterránea. Si se realiza por medio de barras equipotenciales en la superficie deberá ser mínimo en Cu AWG N° 6.*

8. PUESTA A TIERRA PARA PROTECCIÓN CONTRA RAYOS

La puesta a tierra de protección contra rayos, **debe** cumplir con los requisitos que le apliquen del artículo 15° del presente Anexo General, especialmente en cuanto a materiales e interconexión. La configuración debe hacerse con electrodos horizontales (contrapesos), verticales o una combinación de ambos, según criterio de la **IEC 62305.**

● *El cálculo del sistema de puesta a tierra para el sistema de protección contra rayos se ha realizado bajo los lineamientos de la* ***IEEE 80*** *y con las especificaciones del* ***artículo 15 del RETIE*** *utilizamos el software* ***DGSyS*** *para simular el sistema de puesta a tierra* ***(Véase el anexo H).*** *Tomamos como referencia para la resistencia de puesta a tierra* ***la tabla 15.4 del RETIE 10Ω recomendable.***

El sistema de puesta a tierra es usado para dispersar y disipar la corriente de rayo que viene por las bajantes reduciendo al mismo tiempo el peligro e tener tensiones de paso y de contacto peligrosas. La forma de la puesta a tierra y sus sistemas son un criterio importante en su diseño. En términos generales para el sistema de protección externo se debe buscar un bajo valor de resistencia de puesta a tierra (si es posible valores menores a 10Ω a baja frecuencia)

Para los sistemas de puesta a tierra de la protección contra rayos es recomendable que éstos estén integrados con todos los demás sistemas de puesta a tierra (comunicaciones, potencia) por medio de uniones que garanticen la equipotencialidad en todas las condiciones de operación.

8.1 CONFIGURACIÓN TIPO A

Este tipo de configuración incluye electrodos verticales y horizontales instalados fuera de la estructura a ser protegida conectados a cada bajante.

En la configuración tipo A, el número total de electrodos no debe ser inferior a 2.

La longitud mínima de cada electrodo de tierra en la base de cada bajante es

- l_1 para electrodos horizontales, o
- 0,5 l_1 para electrodos verticales inclinados

Donde l_1 es la longitud mínima para electrodos horizontales de acuerdo con la figura 4.

Para combinación de electrodos (horizontales y verticales), deberá conservarse la longitud total.

Las longitudes mínimas mostradas en la figura 4 pueden ser omitidas si se logra obtener una resistencia de puesta a tierra menor a 10Ω (medido a una frecuencia diferente a la de frecuencia industrial y sus múltiplos con el fin de evitar interferencia).

NOTA se pueden lograr reducciones de la impedancia de la puesta a tierra por medio de contrapesos hasta de 60 m.

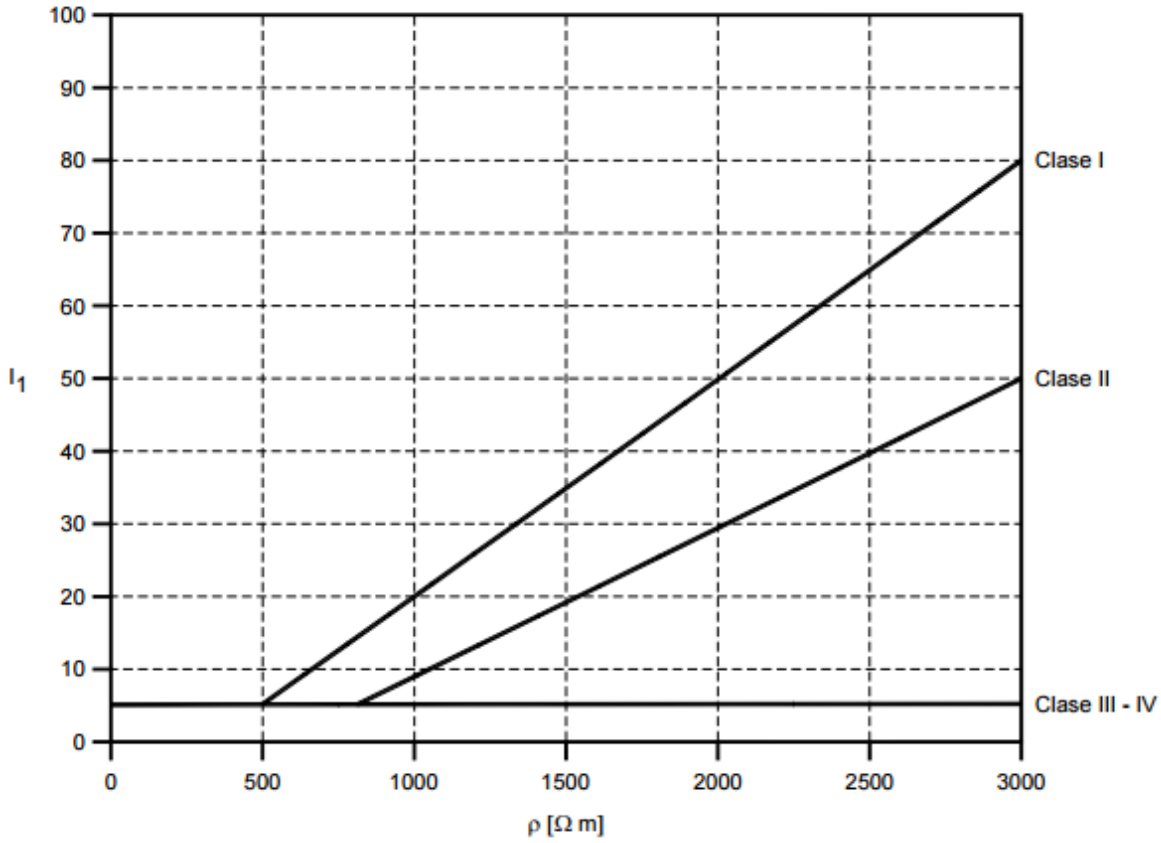


Figura 4. Longitud mínima l_1 de cada electrodo de acuerdo con la clase del NPR

Los electrodos de puesta a tierra **(Configuración tipo A)** deberán ser instalados a una **profundidad al menos de 0,5 m** en su parte superior y distribuidos uniformemente para poder minimizar efectos de acople eléctrico en la tierra.
(Véase el detalle 09 del diseño 02)

Los electrodos de puesta a tierra deberán de instalarse de manera tal que se pueda analizar una inspección durante su construcción.

● *Se recomienda que en cada bajante quede una **caja de conexión**, medición, inspección y mantenimiento del sistema de puesta a tierra de protección contra rayos de **40x40 cm. (Véase el detalle 07 del diseño 02)***

● *Los electrodos de puesta a tierra deberán ser mínimo de **2,40 m x 5/8"** instalados horizontal o verticalmente **(Véase el detalle 09 del diseño 02 y la tabla 15.2 del RETIE)***

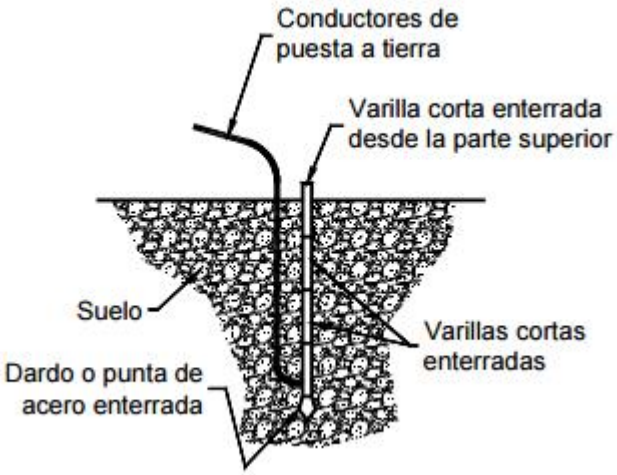
La instalación de los electrodos de puesta a tierra debe hacerse de manera tal que se minimicen los efectos de corrosión, sequedad y congelamiento del suelo para así estabilizar la resistencia convencional de puesta a tierra.

8.1.1 Tipo A. Electrodos de puesta a tierra radial y vertical

Los conectores radiales deben ser conectados a la parte más baja finalizando las bajantes por medio de uniones de prueba. Los electrodos radiales pueden terminar en electrodos verticales.

Cada bajante debe de estar con un electrodo de puesta a tierra.

La figura 5 muestra un tipo de electrodo de puesta a tierra tipo A donde un conductor drena la corriente de rayo al suelo aprovechando el espacio de las varillas enterradas. Esta técnica de aterrizaje tiene varias ventajas y evita el uso de abrazaderas y uniones en el suelo. Generalmente son clavados electrodos de puesta a tierra inclinados o verticales.



Un cable continuo es enterrado dentro del suelo por medio de una varilla corta enterrada. La conductividad eléctrica del conductor del electrodo de puesta a tierra es de gran ventaja; usando esta técnica, no se introducen uniones en el conductor de puesta a tierra. Varillas de segmento cortos pueden ser enterradas y son de fácil manejo.

La parte más elevada de la varilla enterrada puede ser removida.

La parte superior del conductor de puesta a tierra puede tener una protección aislante.

Figura 5.A. Ejemplo de un electrodo de puesta a tierra tipo A con un conductor tipo vertical

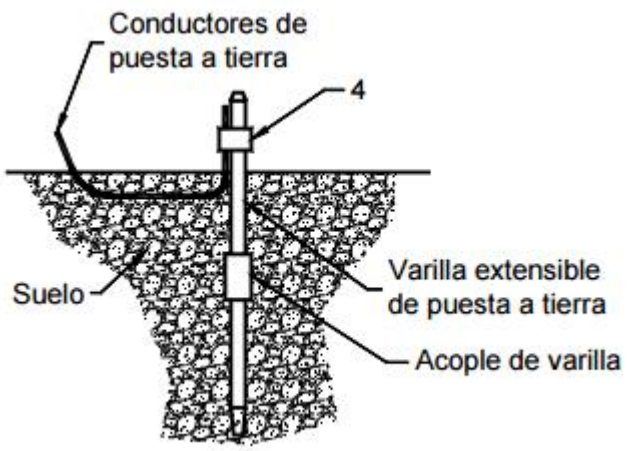


Figura 5.B. Ejemplo de un arreglo tipo A con varilla vertical

Figura 5. Ejemplos de dos electrodos verticales en un arreglo tipo A

También hay otros tipos de electrodos verticales. Es fundamental garantizar una conexión conductora permanente a lo largo de toda la longitud del electrodo durante la vida útil del SIPRA.

Durante la instalación es ventajoso medir la resistencia de puesta a tierra regularmente. La conducción puede ser interrumpida en cuanto la resistencia de puesta a tierra pare de decrecer. Electrodos adicionales pueden ser instalados en sitios adecuados.

El electrodo de puesta a tierra debe tener suficiente separación desde el cable existente hasta las tuberías metálicas enterradas, y teniendo en cuenta que debe hacerse para la salida del electrodo de puesta a tierra desde su posición durante la conducción. La distancia de separación depende de la energía del impulso eléctrico, de la resistividad del suelo y de la corriente en el electrodo.

En el arreglo tipo A, los electrodos verticales tienen mayor ventaja costo-beneficio debido a la estabilidad de la resistencia en el tiempo, caso que no ocurre en los electrodos horizontales.

En algunos casos puede ser necesaria la instalación de electrodos dentro de la estructura, por ejemplo, en un sótano o bodega.

Si hay peligro de incremento de resistencia cerca de la superficie (por ejemplo, a través de secado exterior), es necesario emplear electrodos profundos de gran longitud.

Los electrodos de puesta a tierra radial deben ser instalados 0,5 m de profundidad o más. Un electrodo profundo asegura que en países en los cuales las temperaturas son bajas durante el invierno, el suelo congelado posee un valor extremadamente bajo de conductividad. Un beneficio adicional de los electrodos profundos es dar una reducción de los potenciales en la superficie de la tierra y por consiguiente una reducción en los niveles de tensiones de paso. Los electrodos verticales son preferidos por alcanzar valores estables de resistencia.

Cuando se tiene un arreglo de puesta a tierra tipo A es necesario la equipotencialización de todos los electrodos es alcanzada por medio de los conductores de unión equipotencial y barras equipotenciales preferiblemente fuera de la estructura.

9. SEÑALES DE PREVENCION DE PARA LAS BAJANTE DE RAYO QUE QUEDEN EXPUESTAS A EL PUBLICO

En el caso de conductores verticales, aquella área que es posible alcanzar con la mano debe ser tenida en cuenta. El margen de seguridad necesario debe ser logrado por el suministro de barrera o alambres de protección.

Deben ser instaladas señales de precaución de peligro como aviso de posibles descargas durante toda la tormenta.

Los materiales del sistema de captación y las bajantes deben ser firmemente fijados de tal manera que fuerzas mecánicas accidentales (por ejemplo, vibraciones, expansión térmica, etc.) no causen el rompimiento de los conductores o su perdida.

● *Tanto las puntas captadoras y los bajantes deberán quedar sujetos firmemente a la estructura, para garantizar una buena estabilidad de protección contra corrientes de rayo.* ***(Véase el diseño)***

● *Para prevenir riesgos originados por contacto directo de las personas a los bajantes de rayo es recomendable utilizar señales de prevención* ***(Véase el detalle 05 del diseño 01)***

Las partes bajas de las bajantes expuestas deben ser aisladas por tubos de PVC con un espesor de por lo menos 3 mm o su equivalencia en aislamiento.

● *Si los conductores de los bajantes quedan embebidos en* ***concreto, columnas, cubiertos con su proprio aislamiento en PVC*** *no será necesario las señales de prevención. De lo contrario sí.* ***(Véase la figura 05 del diseño 01).***

Pueden utilizarse como bajantes naturales las varillas de refuerzo de las paredes o las columnas de concreto y los marcos estructurales de acero.

10. UNIÓN EQUIPOTENCIAL PARA INSTALACIONES METÁLICAS

En sistemas aislados de protección externa contra rayos, la unión equipotencial se deberá realizar solo a nivel de tierra.

Para sistemas de protección externo no aislados, se deben realizar uniones equipotenciales en los siguientes lugares.

- En el sótano o aproximadamente en el nivel de suelo. Deberán conectarse conductores equipotenciales a una barra equipotencial instalada de tal manera que sea de fácil acceso e inspección. La barra equipotencial debe ser conectada al sistema de puesta a tierra. Para estructuras grandes (mayores a 20 m de longitud), más de una barra equipotencial puede ser instalada, siempre y cuando sean interconectadas.

● *En el diseño no se contemplan uniones equipotenciales por medio de barras, pero si se dejan deberán quedar en un lugar donde solo haya acceso a personal calificado.* ***(Véase el detalle 05 del diseño 01)***

11. RECURSOS

- *Telurómetro marca metrel MI 3123. Soporta todos los tipos de medidas de resistencia de puesta a tierra:*
  - *Medición estándar de puesta a tierra de resistencia con picas.*
  - *Prueba de resistencia de tierra selectiva con una pinza de corriente.*
  - *Selectivo (sin contacto) resistencia de puesta a tierra con dos pinzas de corriente.*
  - *Medición de la resistencia de tierra especifica.*
- *Software DGSYS.exe 1.0.0.0, software CYMGRD 6.3 para diseños de mallas a puesta a tierra, contrastado satisfactoriamente con la norma IEEstd. 80-2000 y el programa del Electrical Power Research Institute (EPRI) TR-10062*
  Este programa utiliza una metodología basada en elementos finitos, lo cual le permite analizar sistemas de puesta a tierra en configuraciones simétricas o asimétricas de conductores y varillas de puesta a tierra, a diferencia de lo que permiten las formulas aproximativas que ofrece la guía IEEE 80.
- *Software IEC Risk Assessment calculator versión 1.0.3 para el cálculo del incide de riesgo. Acorde con la IEC 62305-2*
- *Software AutoCAD 2015, para diseño y edición de planos.*
- *Cámara digital Sony cyber-shot*
- *GPS Garmin Dakota™ 10*

Para realizar el análisis del nivel de riesgo se utilizó la metodología expuesta en la IEC-62305-3 “Risk Management”. :

• *Se toma nivel de **riesgo III** debido a que los efectos del rayo en un **edificio con viviendas** pueden causar:*

1. *perforación de instalaciones eléctricas, fuego y daños materiales.*
2. *Daño limitado normalmente a los objetos expuestos al punto de toque o a la trayectoria de la corriente del rayo.*
3. *Falla de equipo eléctrico y electrónico y de sistemas instalados (ej. Sistemas de TV, computadoras, módems, teléfonos, etc.)*

12. ACCIONES RECOMENDADAS PARA EL NIVEL DE PROTECCIÓN RIESGO III

1. *Sistema de protección externo (SPE) con mínimo dos bajantes*
2. *Sistema de protección interno (SPI) con DPS en 3 sectores (Acometida y equipos)*
3. *Cableados, equipotencializaciòn y puestas a tierra según NEC ò IEC 60364*

13. NÓRMAS Y CÓDIGOS

Todos los procedimientos constructivos se ajustarán a lo establecido en las siguientes normas y recomendaciones:

• **NTC-4552-1** Protección contra Descargas Eléctricas Atmosféricas (Rayos)- Parte 1 - Principios Generales- versión 2008.

• **NTC-4552-2** Protección contra Descargas Eléctricas Atmosféricas (Rayos)- Parte 2 - Manejo del Riesgo- versión 2008.

• **NTC-4552-3** Protección contra Descargas Eléctricas Atmosféricas (Rayos)- Parte 3 - Daños físicos a estructuras y amenazas a la vida - versión 2008.

• **IEC-62305-2** Protection against lightning. Part 2: Risk management.

• **IEC-62305-3** Protection against lightning. Part 3: Physical damage to structures and life hazard.

14. NIVEL DE RIESGO EDIFICIOS CON VIVIENDAS.

*Para realizar la Evaluación del Nivel de Riesgo de **APTOS CASA DE LA CULTURA**, se basó en las divisiones según las edificaciones planteadas en los planos, en casi todos los casos se evaluó cada estructura por separado.*

La evaluación del nivel de riesgo evalúa cuatro (4) tipos de pérdidas según los parámetros de la estructura y las influencias ambientales. A continuación, presentamos los parámetros que se tienen en el nivel de riesgo:

Dimensiones de la estructura*: este parámetro evalúa las dimensiones de la estructura la cual le ayuda a identificar el área que se desea a proteger.*

Características de la estructura*: en este se evalúan los riesgos de la edificación basados en su forma constructiva, es decir si está construida en materiales inflamables como la madera, etc. Para el caso de* ***APTOS CASA DE LA CULTURA*** *los riesgos por la forma constructiva son* ***generalmente bajos y normales.***

También evalúa si el tipo constructivo favorece el apantallamiento por ejemplo en el caso cuando la edificación está construida en estructura metálica ayuda a mejorar la eficacia del apantallamiento. Para el caso de ***APTOS CASA DE LA CULTURA*** *la eficacia del apantallamiento varía entre media y escasa debida a que encontramos estructuras en mampostería, metálicas y mixtas las cuales son una combinación entre estas.*

Tipo de cableado interno*: esta característica analiza si las redes eléctricas y de comunicaciones que llegan a la estructura son aéreas o subterráneas, de igual forma si son estos cableados son apantallados o no. La configuración de las redes de alimentación energía eléctrica de* ***APTOS CASA DE LA CULTURA es subterráneas por PVC****. En este ítem se discrimina cuando las estructuras contienen internamente transformadores.*

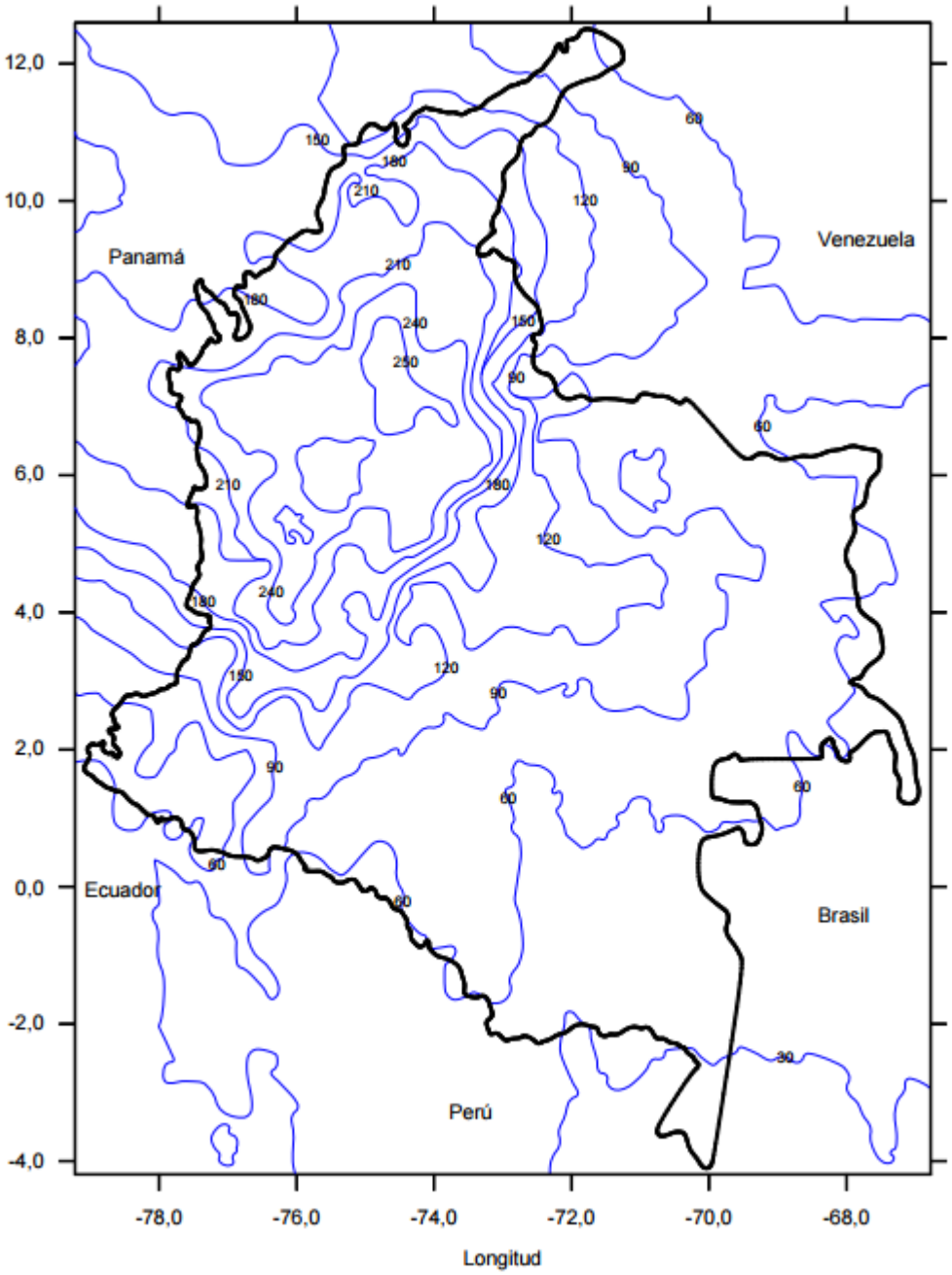
Densidad de descargas a tierra DDT: *Este parámetro es fundamental para el nivel de riesgo y su selección depende del país o región donde se encuentra la estructura evaluada.*

$$DDT = 0.0017NC^{1.56}\frac{Descargas}{km^2.Año}$$

Esta ecuación es la aceptada para el cálculo de las descargas por kilómetro cuadrado por año, en la cual se destaca la relación con el nivel ***ceraunico NC*** *de la zona a evaluar. En este estudio el parámetro utilizado es* ***NC=191*** *del cual resulta un* ***DDT=6.1****;*

Este valor nos indica que la corriente pico absoluta del rayo es de ***26 KA****.*

Figura 6 Mapa de ISO-Niveles ceraunicos para Colombia (Área de 30km x 30 km)- 1999



Tomada de la NTC 4552-1

Lo cual concuerda con la tabla A.6 de NTC4552-1

Tabla A.6. Densidad de descargas a tierra para algunas ciudades de Colombia

Ciudad	Latitud	Longitud	Densidad promedio
Barranquilla	10,9	-74,8	1
Cartagena	10,5	-75,5	2
Corozal	9,3	-75,3	3
El Banco	9,1	-74,0	10
Magangue	9,3	-74,8	5
Montería	8,8	-75,9	2
Quibdo	5,7	-76,6	9
Santa Marta	11,1	-74,2	2
Tumaco	1,8	-78,8	1
Turbo	8,1	-76,7	5
Valledupar	10,4	-73,3	2
Riohacha	11,5	-72,9	2
Armenia	4,5	-75,8	2
Barranca	7,0	-73,8	7
Bogota	4,7	-74,2	1
Bucaramanga	7,1	-73,1	1
Cali	3,6	-76,4	1
Cúcuta	7,9	-72,5	1
Girardot	4,3	-74,8	5
Ibagué	4,4	-75,2	2
Ipiales	0,8	-77,6	1
Manizales	5,0	-75,5	2
Medellín	6,1	-75,4	1
Neiva	3,0	-75,3	1
Ocaña	8,3	-73,4	2
Pasto	1,4	-77,3	1
Pereira	4,8	-75,7	4
Popayán	2,4	-76,6	1
Remedios	7,0	-74,7	12
Villavicencio	4,2	-73,5	1
Bagre	7,8	-75,2	12
Samaná	5,4	-74,8	9

Tomada de la NTC 4552-1

Línea Eléctrica: *este parámetro evalúa cómo llega la línea a la estructura, si el cableado externo es apantallado o no y si cuenta con transformador de media tensión y baja tensión (MT/BT respectivamente)*

Otros servicios aéreos: *en el caso de* ***APTOS CASA DE LA CULTURA,*** *cuenta con 2 números de servicios conducidos, eléctrico y comunicación*

Medidas de protección: *evalúa los medios de protección con los que cuenta* ***APTOS CASA DE LA CULTURA***

15. EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO

La evaluación del nivel de riesgo según la IEC-62305-2 se enfoca en analizar 4 tipos de pérdidas, las cuales son revisadas a continuación:

- ***Pérdidas de vidas humanas:*** *Esta es la característica de mayor relevancia y de mayor ponderación en la evaluación del nivel de riesgo. En esta característica se evalúan los riesgos para la vida que en este caso se ubica generalmente en un nivel de pánico bajo que corresponde a estructuras de menos de 2 pisos y de menos de 100 personas. Esta categorización se debe a que las plantas de producción son generalmente de un solo nivel a pesar de que sus alturas sean considerables, así como la presencia de operarios no mayor a 100 por espacio evaluado.*

- ***Pérdidas de servicios esenciales:*** *Las pérdidas de servicios esenciales se evalúan si en caso de incendio o sobretensiones estas afectan el suministro de un servicio público, este ítem es utilizado a estructuras que ofrecen servicios públicos. Para el caso evaluado sólo las estructuras que contenían transformadores fueron afectadas con estas características en el cálculo.*

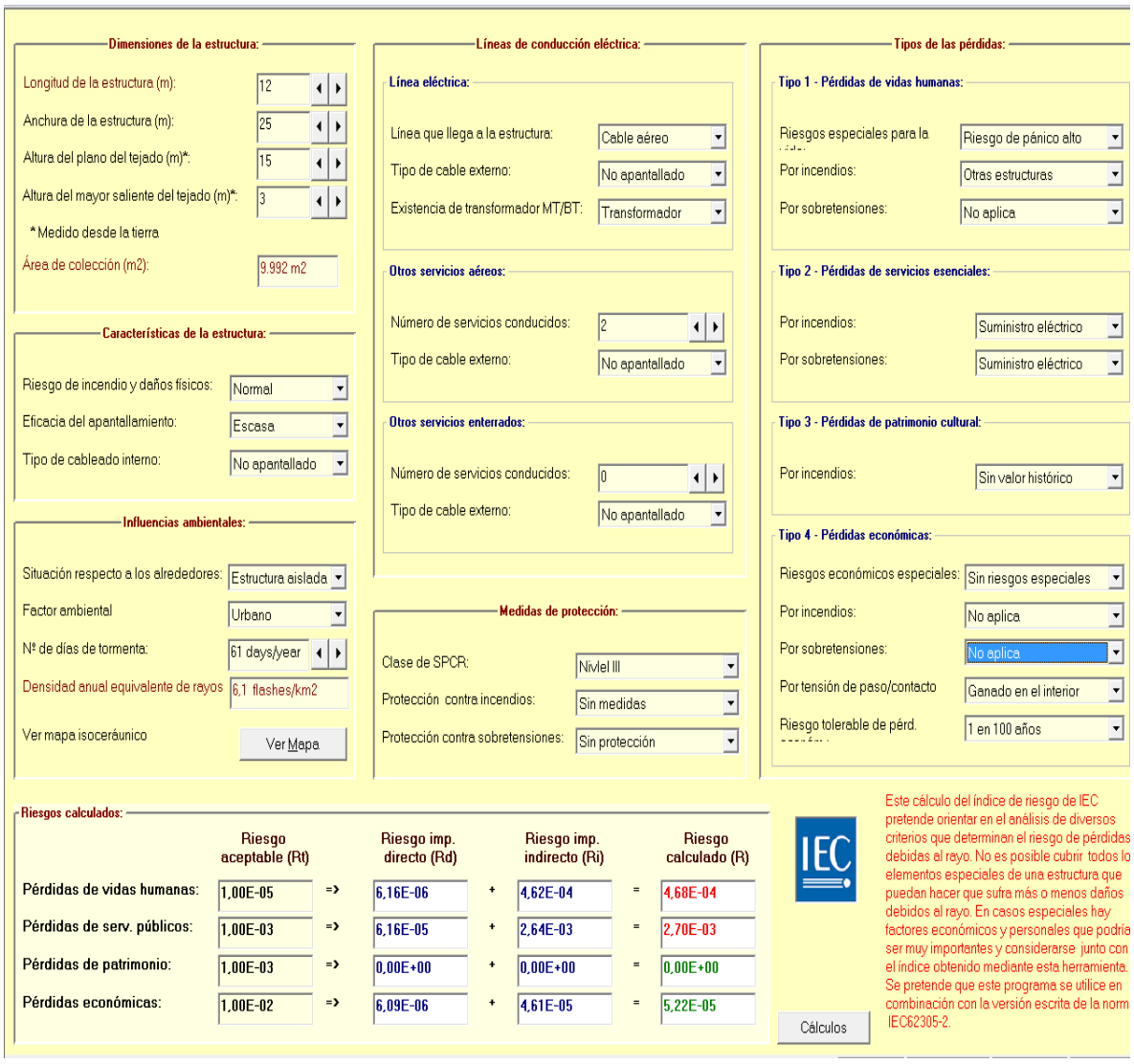
- ***Pérdidas de patrimonio cultural:*** *En el nivel de riesgo se examina evaluar si la estructura es una pérdida irremplazable como patrimonio cultural, este caso no se aplica* ***para APTOS CASA DE LA CULTURA***

- ***Pérdidas económicas:*** *En este ítem se busca evaluar el tiempo de ocupación del personal dentro del área analizando el uso de la misma. El nivel de riesgo evalúa las pérdidas económicas según la utilización del área para el caso de* ***APTOS CASA DE LA CULTURA*** *esta área se catalogó como* ***edificio con viviendas****.*

En la evaluación del nivel de riesgos se inspeccionan cada uno de los escenarios de la estructura alternando los niveles de protección en sentido de menor a mayor hasta asegurar la protección adecuada, al realizar los trabajos de esta manera se optimizan los recursos.

ANEXO A

RESULTADO ANALISIS DE RIESGO, SOFTWARE IEC RISK ASSESSMENT CALCULATOR VERSION 1.0.3. ACORDE CON LA IEC 62305-2. **SIN MEDIDAS DE PROTECCIÓN**

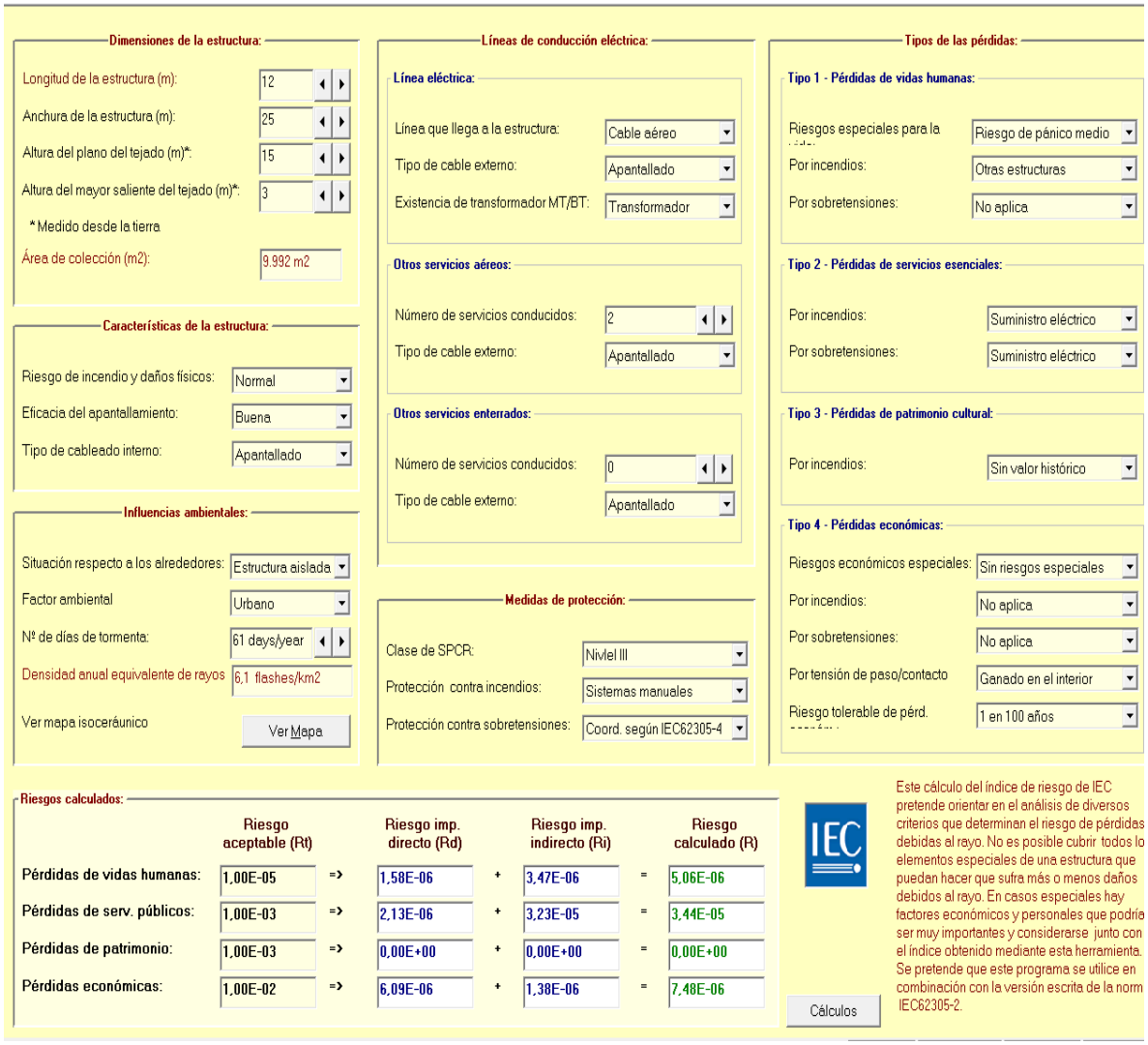


CONCLUSIÓN

● *Mediante la evaluación del nivel de riesgo apreciamos que peligran las vidas humanas y hay alta probabilidad de pérdida de servicios públicos, por tal motivo,* ***APTOS CASA DE LA CULTURA*** *necesita un sistema de apantallamiento.*

ANEXO B

RESULTADO ANALISIS DE RIESGO, SOFTWARE IEC RISK ASSESSMENT CALCULATOR VERSION 1.0.3. ACORDE CON LA IEC 62305-2. **CON MEDIDAS DE PROTECCIÓN**



CONCLUSIÓN

- *Mediante la evaluación del nivel de riesgo apreciamos que el nivel de protección a implementar es **nivel III.** Las acciones recomendables para el **APTOS CASA DE LA CULTURA** son; sistemas de protección externo (SPE) con mínimo dos bajantes, sistemas de protección interno (SPI) cableados, equipotencialización y puestas a tierras según NEC ó IEC 60364*

ANEXO C

PUNTA CAPTADORA PARA PROTECCIÓN CONTRA RAYOS EN ACERO INOXIDABLE Y CABLE PARA LOS BAJANTES

INDUAL

PARARRAYO DE 60 CM CON BASE ESCUALIZABLE

FICHA TECNICA

Fabricado en Acero Inoxidable, medida 600mm con rosca de 1/2 pulgada para fijación en base escualizable. con agujeros de 3/8 para pernos para el anclaje.

BENEFICIOS

Facilita la instalación de sistemas de protección externa en todo tipo de estructuras y edificaciones. Diseñado especialmente para colocar el Asta del sistema pararrayos en superficie plana. Tratado especialmente para retardar los efectos de la corrosión.





WWW.INDUAL.COM.CO NIT:811 035 515-4 TELEFONO: 4480083 CELULAR: 3176593243 DIRECCION: Carrera 48 # 39- 24 Tel. (57 4) 448 00 83

AAAC 6201

Aplicaciones:

Se usa en líneas aéreas de transmisión y distribución y sistemas de protección contra rayos.

Construcción:

Conductor de aleación de aluminio 6201-T81 cableado concéntricamente.

Características:

- Excelente relación carga de rotura/peso, lo que lo hace muy útil cuando se diseñan las líneas con consideraciones de flecha.
- Excelente resistencia a la corrosión.

Normas:

- NTC 2729
- NTC 2730
- ASTM B-398
- ASTM B-399

Para optimizar la resistencia a la corrosión, el cable puede ser engrasado.



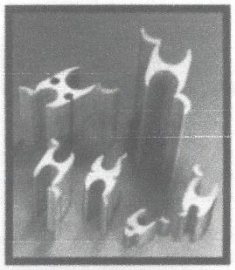
Nombre clave	Calibre del conductor		Calibre de conductor ACSR equivalente	Hilos	Diámetro de cada hilo		Diámetro del cable		Masa		Carga a la rotura		Resistencia c.c. a 20 °C		Capacidad de corriente		
															Sol, no viento	Sol y viento	No sol y viento
	kcmil	mm²	AWG or kcmil		mm	mils	mm	in	kg/km	lb/kft	kgf	kips	Ω/km	Ω/kft	A*		
Akron	30,58	15,5	6	7	1,68	66,1	5,04	0,198	42,5	28,6	502	1,107	2,161	0,6588	62	107	111
Alton	48,69	24,7	4	7	2,12	83,4	6,36	0,25	67,7	45,5	799	1,762	1,358	0,4138	85	143	150
Ames	77,47	39,2	2	7	2,67	105,2	8,02	0,316	107,7	72,4	1272	2,804	0,853	0,2601	119	191	201
Azusa	123,3	62,4	1/0	7	3,37	132,7	10,1	0,398	171,4	115,2	1939	4,275	0,536	0,1635	164	256	271
Anaheim	155,4	78,6	2/0	7	3,78	149	11,4	0,447	216,1	145,2	2445	5,390	0,425	0,1297	192	296	315
Amherst	195,7	99,3	3/0	7	4,25	167,2	12,7	0,502	272,1	182,8	3079	6,787	0,338	0,1030	226	342	365
Alliance	246,9	125	4/0	7	4,77	187,8	14,3	0,563	343,2	230,7	3884	8,563	0,268	0,0816	265	395	424
Butte	312,8	159	266,8	19	3,26	128,3	16,3	0,642	434,8	292,2	4767	10,508	0,211	0,0644	313	460	495
Canton	394,5	200	336,4	19	3,66	144,1	18,3	0,721	548,5	368,6	6013	13,256	0,168	0,0511	368	532	575
Cairo	465,4	236	397,5	19	3,98	156,5	19,9	0,783	647	434,8	7092	15,636	0,142	0,0433	413	590	640
Darien	559,5	284	477	19	4,36	171,6	21,8	0,858	777,9	522,8	8527	18,798	0,118	0,0360	468	663	720
Elgin	652,4	331	556,5	19	4,71	185,3	23,5	0,927	907	609,6	9943	21,920	0,101	0,0309	520	729	795
Flint	740,8	375	636	37	3,59	141,5	25,2	0,991	1030	692,2	11048	24,356	0,089	0,0272	566	790	863
Greeley	927,2	470	795	37	4,02	158,3	28,1	1,11	1289	866,3	13827	30,483	0,071	0,0217	660	908	996
-	1077,4	547	954	61	3,38	132,9	30,4	1,2	1498	1007	15891	35,032	0,061	0,0187	733	998	1099
-	1165,1	590	1033,5	61	3,51	138,2	31,6	1,24	1620	1089	17183	37,882	0,057	0,0173	771	1045	1153
-	1259,6	638	1113	61	3,65	143,7	32,8	1,29	1751	1177	18578	40,958	0,052	0,0160	812	1096	1211
-	1348,8	685	1192,5	61	3,78	148,7	34	1,34	1875	1260	19894	43,857	0,049	0,0149	850	1143	1265
-	1439,2	729	1272	61	3,9	153,6	35,1	1,38	2001	1345	21226	46,795	0,046	0,0140	886	1187	1315

* Capacidad de corriente de conductores desnudos al aire libre, con base en temperatura ambiente de 25 °C, temperatura en el conductor 75 °C, velocidad del viento 0,6 m/s, emisividad del conductor 0,5, radiación solar 1000 W/m² a nivel del mar.

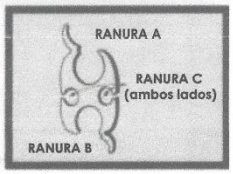
ANEXO D

CONECTORES OB-1010 Y TUBULARES BIMETALICOS

Conectadores de compresión de aluminio tipo "H"



- Para servicio secundario, primario e instalaciones subterráneas en todas las combinaciones de aluminio a aluminio o conductores de aluminio a cobre.
- Usado para terminales de aluminio, ACSR o conductores de aleación de aluminio.
- Instalados con herramientas HOMAC u otras competitivas.
- Fabricados con aluminio de alta conductividad y contienen preaplicación de compuesto inhibidor.
- Marcado con tamaño de cable, número de catálogo, códigos de dados de instalación, áreas de compresión y empacados en cajas individuales.
- Aprueba requerimientos de especificaciones ANSI C119.4 cuando haya instalaciones apropiadas de aluminio a aluminio o conductores de aluminio a cobre.





PROGRAMA HOMAC "CONECTOR 7"		
	Estandar	Largo
1	OB44	OB1
2	OB101	OB2
3	DB202	DB3
4	DB2020	DB2020
5	DB404	DB5
6	DB4020	DB6
7	DB4040	DB7

	No. CATALOGO	RANGO CONDUCTOR CONDUCTOR ESTANDAR - ACSR-AAC												EQUIVALENTE DECIMAL						INFORMACION DE INSTALACION			LONG.	ESTILO
		RANUEA A				RANURA B				RANURA C				RANURA A		RANURA B		RANURA C						
		ACSR	STR	SOL	MM 2	ACSR	STR	SOL	MM 2	ACSR	STR	SOL	MM 2	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MANO	HIDRAU-LICO	DADO*		
TAPA CUBIERTA CO208	UB214	2-6	2-6	1-6	35-10		8-14	7-14	6-2.5					.316	.162	.146	.064			3,2		5/8, tu	3/4	3
	OB2014	2/0-2	2/0-2		70-35		8-14	7-14	6-2.5					.460	.292	.146	.064			2	1		3/4	3
	OB33	4-6	3-4	4-6	10-25	4-6	3-4	4-6	10-25					.260		.260							1-1/2	
	OB44	2-6	1-6	2-6	35-10		1-6							.332	.162	.332				4			1-3/8	1
	OB22		2-6				2-6			8-14	8-14	8-14	.325			.325	.162	.146	.146				1-1/2	4
	OB101	1/0-3	2/0-2	2	50-25	2-6		2-6	35-10					.425	.258						2	0	1-3/8	1
	**OB8102	1/0-6	1/0-6	2-6	50-10		1-6			8-14	8-14	8-14	.398	.162	.332			.146	.146				1-1/2	4
	OB103																							1
	OB1010	1/0-4	2/0-4	2	50-25	1/0-4	2/0-4	2	50-25					.420	.232	.420	.232			4				
TAPA CUBIERTA CD40	DB202	2/0-1	3/0-1/0		70-50	2-6	1-6	2-6	35-10					.470	.362	.332	.162			4	2	D	1-1/2	1
	DB2020					2/0-1	3/0-1/0		70-50							.470	.362			5			1-7/8	4
	DB404	4/0-3/0	4/0-3/0		120-95	2-6	1-6	2-6	35-10					.563	.464	.325	.162			4			1-3/8	1
	DB4020					2/0-2	3/0-1		70-35							.470	.316			6			1-7/8	
	DB4040					4/0-3/0	4/0-3/0		120-95							.563	.464			7	3		2-3/16	
TAPA CUBIERTA CN4008	NB500	477 18/1 4/0 6/1	500-4/0		240-120	477 18-/1 4/0 6/1	500-4/0		240-120					.814	.528	.814	.528				3	N	3-3/4	5
	NB50040	477 18/1 4/0 6/1	556-4/0			4/0-1/0	4/0-1/0	4/0	120-50					.858	.520	.563	.368				2		2	2
	NB50020	556.5 (24/7) 266.8(18/1)	600-250		300-150	1/0 (7/1) 6 (6/1)	2/0-6	2-6	50-10					.893	.575	.419	.162						2-1/8	5
	ZB954	954 266.8	1000 266.8		500-150	954 266.8	1000 266.8		500-150					1.196	.586	1.196	.586				5	Z or R	6	5
	ZB95440	795 266.8	750 266.8			336.4 4/0	350-4/0		185-120	2-6	2-6	35-10	1.140		.741	.528	.292	.162		3		3	2
	ZB95410					4/0-1/0	4/0-1/0		120-50							.563	.373							

*DADOS: UT5 CON DADOS "O" Y "D", Y UT-15 CON DADOS"O", "D" O", "N" O "Z" EN TABLA.
KEARNEY - MECÁNICO O HIDRÁULICO "O" Y "D".
BURNDY - MECÁNICO O HIDRÁULICO "O" Y "D", E HIDRÁULICO "N", "Z" O "R"
** INSTALAR SÓLO CON HERRAMIENTAS HIDRÁULCAS



Cubiertas HOMAC

- Rápido, medio adecuado para proteger conectador.
- Provee ajuste y sello en el fondo – Asegura cierre a través de pestañas en los lados de la cubierta.
- Altamente confiable.
- Prevee acumulación de agua en la cubierta.
- Fabricado con polipropileno negro, las cubiertas son altamente resistentes al clima y a contaminantes comunes, rayos ultravioleta del sol.

HOMAC MFG. COMPANY
12 SOUTHLAND RD. ORMOND BEACH, FL 32174

Av. Insurgentes Norte 1894-305
Col. Lindavista, México, D.F.
Tel. (55) 5118 6565 y 66
www.homac.com.mx

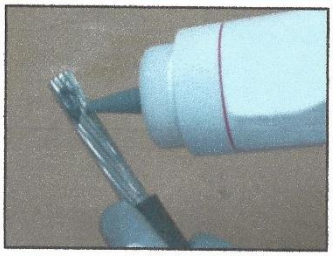
SBI Connectors
A Sicame Group Company

Guía de instalación para conectores bimetalicos

PASO 4 - Aplicar la grasa

Grasas de contacto

- **GROX-AL 50**: Recomendada para conductores de Al-Al, Al-Cu y Al.
- **GROX-AL 50S**: Recomendada para conductores Al-Al, Al-Cu y Al. Es compatible con goma, polietileno y otros materiales aislantes.
- **GROX-U**: Recomendada para conductores de Cu-Cu, Cu y todas las aplicaciones puesta a tierra



- Aplicar la grasa en el cable para una mejor conexión eléctrica.
- Seleccionar la grasa adecuada para cable de Al o Cu.

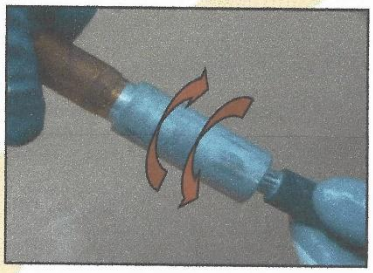
PASO 5 - Insertar el cable en el conector y girar

Conectores bimétalicos

- **Terminales Bimetálicos:** Y4A_A_C, Y4AC_A2M145C, Y4C-NA_A_C.
- **Reductor y Manguitos Bimetálicos**: Y4E_A_C, Y4RP_SA_C, Y4RR_A_C.



- Insertar el cable en el conector.
- El cable y el conector deben tener la misma sección.



- Girar el conector en la dirección opuesta del cable para distribuir la grasa de manera uniforme.

PASO 6 - Comprimir el terminal

Herramientas de compresión

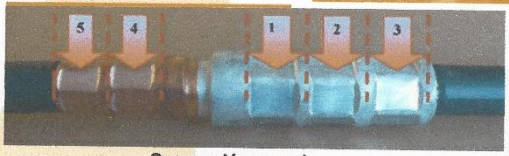
- **Mecánicas**: MD6.
- **Hidráulicas**: Y35, Y39.
- **Batería**: EC1270CM, EU1370CM

Seleccionar la matriz adecuada y empezar la compresión, una vez acabada la parte de Al, seleccionar la matriz adecuada para la parte de Cu y comprimir de nuevo.





PASO 7 - Inspección Visual



Compresión en serie



- Proceso de compresión completo. Inspeccionar la compresión.

SBI Connectors
A Sicame Group Company

Guía de instalación para conectores bimetalicos

La calidad del diseño y fabricación de los conectores eléctricos es igual de importante como la compresión entre el conector y el cable. Esta calidad solamente se garantiza por fabricantes con reputación y una larga experiencia en el sector.

Objetivo

Esta guía de instalación presenta la manera de cómo comprimir correctamente las conexiones eléctricas entre terminal y cable.

Requisitos:

- Herramienta y matrices de compresión, seleccionadas según el cable y el conector para comprimir.
- Herramienta de corte.
- Cable y terminal.
- Cepillo y grasa.
- Guantes.



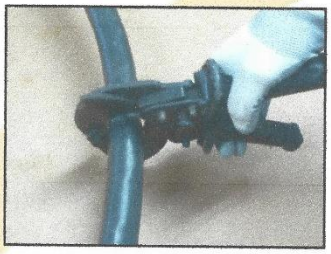
Conjunto completo para compresión

PASO 1 - Cortar el cable

Cortadoras de Cable

- **Mecánicas**: MRK34, MRK45, MRK62, MRK62PRO y RCC556.
- **Hidráulicas**: HVA 20-40S, HA 40-62S, HA 85-31S, RHCC129ACSR, SK96-140K y SA 130-75KS .
- **Batería**: EA50-600CM y EK50 KIT.

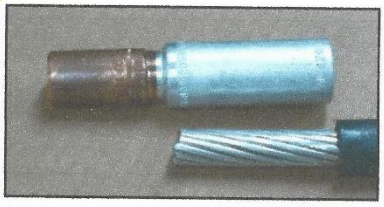
Nota: Ver nuestro catalogo para detalles técnicos y especificaciones de las cortadoras.



- Cortar el cable utilizando la herramienta adecuada. La herramienta tiene que estar en buenas condiciones.
- Colocar el cable en un lugar iluminado y limpio para un corte seguro.
- Utilizar guantes de protección al cortar el cable.

PASO 2 - Cortar el aislante



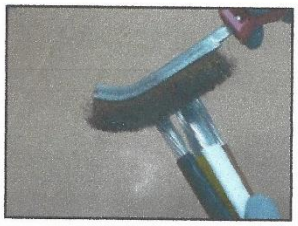


- Marcar la longitud del aislante a cortar considerando la longitud recomendada.
- La longitud recomendada es igual a la longitud del terminal de Al o Cu donde se va insertar el cable.

Nota: Para cortar el aislante se recomienda utilizar un cuchillo (usar guantes).

PASO 3 - Cepillar el cable

Cepillar el cable para limpiarlo de partículas de polvo, así se mejora la calidad de la conexión eléctrica.



- Cepillar el cable para garantizar una conexión eléctrica adecuada.
- Usar cepillos diferentes para cada cable (Al o Cu).

PANDUIT™ GRUPO ELÉCTRICO

PRECIOS SUGERIDO PÚBLICO

2015

Agosto de 2015

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	PRECIO POR	VALOR
S250-12R-C	TERMINAL 250MCM PO	UND	$ 7,076

E:\HPSCANS\scan0002.jpg

TERMINALES DE ALUMINIO (USO BIMETÁLICO) PALA DE UN HUECO

LAA6-14-X	TERMINAL 6AWG PONCHAR BIMETALICA OJO DE 1/4" GRIS	UND	$ 8,094
LAA4-14-X	TERMINAL 4AWG PONCHAR BIMETALICA OJO DE 1/4" VERDE	UND	$ 8,509
LAA4-38-X	TERMINAL 4AWG PONCHAR BIMETALICA OJO DE 3/8" VERDE	UND	$ 8,509
LAA2-14-X	TERMINAL 2AWG PONCHAR BIMETALICA OJO DE 1/4" ROSADO	UND	$ 9,951
LAA2-38-X	TERMINAL 2AWG PONCHAR BIMETALICA OJO DE 3/8" ROSADO	UND	$ 9,951
LAA1/0-12-X	TERMINAL 1/0AWG PONCHAR BIMETALICA OJO DE 1/2" TAN	UND	$ 14,073
LAA1/0-38-X	TERMINAL 1/0AWG PONCHAR BIMETALICA OJO DE 3/8" TAN	UND	$ 13,819
LAA2/0-38-5	TERMINAL 2/0AWG PONCHAR BIMETALICA OJO DE 3/8" OLIVA	UND	$ 16,805
LAA2/0-12-5	TERMINAL 2/0AWG PONCHAR BIMETALICA OJO DE 1/2" OLIVA	UND	$ 17,089
LAA3/0-38-5	TERMINAL 3/0AWG PONCHAR BIMETALICA OJO DE 3/8" RUBY	UND	$ 22,551
LAA3/0-12-5	TERMINAL 3/0AWG PONCHAR BIMETALICA OJO DE 1/2" RUBY	UND	$ 22,551
LAA4/0-38-5	TERMINAL 4/0AWG PONCHAR BIMETALICA OJO DE 3/8" BLANCO	UND	$ 26,288
LAA4/0-12-5	TERMINAL 4/0AWG PONCHAR BIMETALICA OJO DE 1/2" BLANCO	UND	$ 26,288
LAA250-12-5	TERMINAL 250MCM PONCHAR BIMETALICA OJO DE 1/2" ROJO	UND	$ 27,050
LAA300-12-2	TERMINAL 300MCM PONCHAR BIMETALICA OJO DE 1/2" AZUL	UND	$ 30,892
LAA350-12-2	TERMINAL 350MCM PONCHAR BIMETALICA OJO DE 1/2" CAFÉ	UND	$ 32,513
LAA500-12-2	TERMINAL 500MCM PONCHAR BIMETALICA OJO DE 1/2" ROSADO	UND	$ 58,902
LAA750-58-1	TERMINAL 750MCM PONCHAR BIMETALICA OJO DE 5/8" ROJO	UND	$ 72,148
LAA1000-58-1	TERMINAL 1000MCM PONCHAR BIMETALICA OJO DE 5/8" CAFÉ	UND	$ 107,858



TERMINALES DE ALUMINIO (USO BIMETÁLICO) PALA DE UN HUECO

LAB1/0-38-X	TERMINAL BIMETALICA 35 KV, PALA DOBLE HUECO PARA # 1/0 AWG, 3/8"	UND	$ 21,982
LAB2/0-12-5	TERMINAL BIMETALICA 35 KV, PALA DOBLE HUECO PARA # 2/0 AWG, 1/2"	UND	$ 29,204
LAB3/0-12-5	TERMINAL BIMETALICA 35 KV, PALA DOBLE HUECO PARA # 3/0 AWG, 1/2"	UND	$ 36,491
LAB4/0-12-5	TERMINAL BIMETALICA 35 KV, PALA DOBLE HUECO PARA # 4/0 AWG, 1/2"	UND	$ 38,145
LAB250-12-5	TERMINAL BIMETALICA 35 KV, PALA DOBLE HUECO PARA # 250 MCM, 1/2"	UND	$ 38,999
LAB300-12-2	TERMINAL BIMETALICA 35 KV, PALA DOBLE HUECO PARA # 300 MCM, 1/2"	UND	$ 41,045
LAB350-12-2	TERMINAL BIMETALICA 35 KV, PALA DOBLE HUECO PARA # 350 MCM, 1/2"	UND	$ 41,325
LAB400-12-2	TERMINAL BIMETALICA 35 KV, PALA DOBLE HUECO PARA # 400 MCM, 1/2"	UND	$ 58,294
LAB500-12-2	TERMINAL BIMETALICA 35 KV, PALA DOBLE HUECO PARA # 500 MCM, 1/2"	UND	$ 85,137
LAB750-12-1	TERMINAL BIMETALICA 35 KV, PALA DOBLE HUECO PARA # 750 MCM, 1/2"	UND	$ 90,793
LAB1000-12-1	TERMINAL BIMETALICA 35 KV, PALA DOBLE HUECO PARA # 1000 MCM, 1/2"	UND	$ 144,019



EMPALMES TUBULARES BIMETÁLICOS

SA4-X	EMPALME TUBULAR 4AWG BIMETALICO VERDE	UND	$ 8,353
SA2-X	EMPALME TUBULAR 2AWG BIMETALICO ROSADO	UND	$ 10,052
SA1/0-X	EMPALME TUBULAR 1/0AWG BIMETALICO TAN	UND	$ 17,151
SA2/0-5	EMPALME TUBULAR 2/0AWG BIMETALICO OLIVA	UND	$ 18,264
SA3/0-5	EMPALME TUBULAR 3/0AWG BIMETALICO RUBY	UND	$ 21,068
SA4/0-5	EMPALME TUBULAR 4/0AWG BIMETALICO BLANCO	UND	$ 22,717
SA250-5	EMPALME TUBULAR 250MCM BIMETALICO ROJO	UND	$ 23,446
SA300-2	EMPALME TUBULAR 300MCM BIMETALICO AZUL	UND	$ 30,326
SA350-2	EMPALME TUBULAR 350MCM BIMETALICO CAFE	UND	$ 29,102
SA400-2	EMPALME TUBULAR 400MCM BIMETALICO VERDE	UND	$ 42,272
SA500-2	EMPALME TUBULAR 500MCM BIMETALICO ROSADO	UND	$ 41,985
SA600-2	EMPALME TUBULAR 600MCM BIMETALICO NEGRO	UND	$ 68,352
SA750-1	EMPALME TUBULAR 750MCM BIMETALICO ROJO	UND	$ 67,566



EMPALMES TUBULARES EN COBRE

SCS8-L	EMPALME TUBULAR EN COBRE PARA 35 KV, # 8 AWG	UND	$ 3,408
SCS6-L	EMPALME TUBULAR EN COBRE PARA 35 KV, # 6 AWG	UND	$ 4,303
SCS4-L	EMPALME TUBULAR EN COBRE PARA 35 KV, # 4 AWG	UND	$ 5,103
SCS2-Q	EMPALME TUBULAR EN COBRE PARA 35 KV, # 2 AWG	UND	$ 6,206
SCS1/0-X	EMPALME TUBULAR EN COBRE PARA 35 KV, # 1/0 AWG	UND	$ 8,027
SCS2/0-X	EMPALME TUBULAR EN COBRE PARA 35 KV, # 2/0 AWG	UND	$ 8,642
SCS3/0-X	EMPALME TUBULAR EN COBRE PARA 35 KV, # 3/0 AWG	UND	$ 9,935
SCS4/0-X	EMPALME TUBULAR EN COBRE PARA 35 KV, # 4/0 AWG	UND	$ 10,809
SCS250-X	EMPALME TUBULAR EN COBRE PARA 35 KV, # 250 MCM	UND	$ 12,685
SCS300-X	EMPALME TUBULAR EN COBRE PARA 35 KV, # 300 MCM	UND	$ 14,441
SCS350-X	EMPALME TUBULAR EN COBRE PARA 35 KV, # 350 MCM	UND	$ 17,994
SCS500-6	EMPALME TUBULAR EN COBRE PARA 35 KV, # 500 MCM	UND	$ 25,026



CONECTORES EN COBRE PARA DERIVACIÓN

CTAPF8-12-C	CONECTOR PARA DERIVACIÓN 10-8AWG A 12-10AWG	UND	$ 3,230
CTAPF6-12-C	CONECTOR PARA DERIVACIÓN 8-6AWG A 12-10AWG	UND	$ 3,544
CTAPF4-12-C	CONECTOR PARA DERIVACIÓN 6-4AWG A 8-12AWG	UND	$ 4,256



ANEXO E

REGISTRO FOTOGRAFICO, MEDIDAS DE RESISTIVIDAD

Medidas de resistividad del terreno

Distancia en m	Registro fotográfico
1	
2	
4	
6	

PERFILES DE RESISTIVIDAD

Espaciamiento “a” [m]	Perfil 1 $p1$ (Ωm)	Perfil 2 $p2$ (Ωm)	Resistividad Promedio(Ωm)
1	76.5		88.9
2	55.4		29.0
4	53.2		20.6
6	59.9		59.9

Resistividad obtenida	50

ANEXO F

CANTIDADES DE MATERIALES PARA EL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS

Item	Cantidades de obra.	Unidad	Cantidad
1	Cantidades de obra Anillo superior.		
1.1	Conector en C 1/0	Un.	11
1.2	Terminal electroplateada para cable N° 1/0	Un.	10
1.3	Cable desnudo AL AAAC N°1/0	ml.	114
1.4	Pararrayo tipo franklin modelo blunt 0.6m.	Un.	16
1.5	Pega adhesiva homopolímero	Un.	4
1.6	Limpiador homopolímero	Un.	4
1.7	Soporte plastico para anillo OBO	Un.	95
2	Cantidades de obra Bajantes.		
2.1	Conector tipo C de Cu 3/0 - 4/0	Un.	4
2.2	Tubo metálico galvanizado de 3/4" x 3 mL	Un.	40
2.3	Pintura electroestática naranja	Un.	1
2.4	Placa metálica 20 X10Cmts peligro eléctrica	Un.	2
2.5	Grapa doble ojo 3/4"	Un.	80
2.6	Chazo de 1/4 x 1/2"	Un.	160
2.7	Tornillo de 1/4 x 1/2"	Un.	160
2.8	Conector OB-1010	Un.	2
3	Cantidades de obra Puesta a tierra.		
3.1	Varilla 5/8" x 2.40 m.	Un.	6
3.2	Conector tipo C de Cu 3/0 - 4/0	Un.	9
3.3	Cable desnudo THHN/THWN Cu-AWG 1/0	ml.	50
4	Cantidades de obra caja de distribucion		
4.1	Placa metálica 20 X10Cmts peligro eléctrico	Un.	4
4.2	Correa plástica 20 cm negra PAQ/100 und	Un.	1
4.3	Herraje 40X40 liviano	Un.	4
4.4	Bloque 9 x 19 x 39 cm (12.5 m2)	Un.	15

ANEXO G

MATERIALES UTILIZADOS EN EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

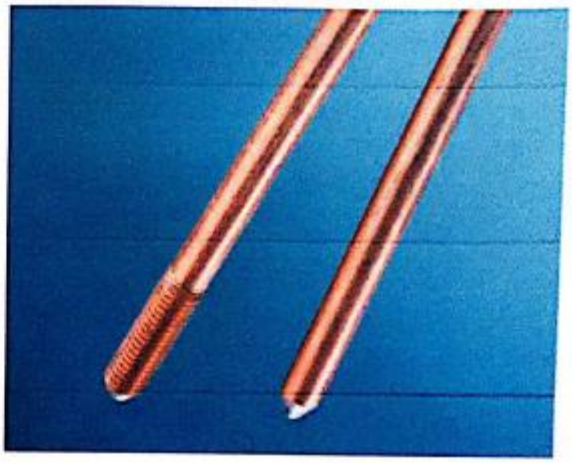
PENTAIR

Características

- Mejor resistencia a la corrosión que las varillas galvanizadas logrando una vida útil de hasta 30 años en la mayoría de los terrenos
- Mejores características mecánicas que los electrodos químicos no metálicos
- Proceso de manufactura con lo último en tecnología lo cual asegura una aplicación uniforme en el espesor del recubrimiento de cobre
- Esfuerzo de tensión promedio de 80,000 psi y una tolerancia de doblez de 0.25 mm por cada 30 cms
- Excede los requerimientos de las normas ANSI®/ UL® 467-1997, CSA® y ANSI/NEMA® GR-1
- Algunas de las varillas están identificadas con el logotipo Ⓔ, año de fabricación y número de lote, además del número de catálogo

ERICO

ELECTRODOS O VARILLAS PARA TIERRA



En un sistema de tierra, el electrodo de tierra provee la conexión física para disipar la corriente a tierra. Existen 2 tipos básicos de electrodos: el natural, que está intrínsecamente dentro de la instalación que incluye todo el metal enterrado como tuberías de agua, la estructura del edificio (si está efectivamente conectada a tierra) y el metal de refuerzo de la cimentación.

Los electrodos fabricados son instalados específicamente para mejorar el desempeño de los sistemas de tierra que incluyen mallas de alambre, platos metálicos, conductor de cobre desnudo y varillas directamente enterradas en el terreno.

La varilla de tierra es el electrodo más utilizado. Pentair es el mayor fabricante a nivel mundial de varillas de tierra y ofrece una línea completa de varillas y accesorios para cumplir con cualquier necesidad del cliente. La varilla está constituida por un núcleo de acero y un recubrimiento de cobre aplicado mediante un proceso electrolítico garantizando así una unión a nivel molecular que asegura un buen desempeño de la misma, durante su vida útil.

Catalogo	Diametro Nominal Pulgadas	Diametro Real mm	Longitud (m)	Espesor del Recubrimiento de Cobre (mm)
613400	3/4	17.30	3.0	0.254
613480	3/4	17.30	2.4	0.254
615800MEX01	5/8	14.30	3.0	0.254
615880	5/8	14.30	2.4	0.254
615950	5/8	15.88	1.5	0.254
615900MEX01*	5/8	15.88	3.0	0.254
693400MEX	3/4	19.05	3.0	0.254

* Esta varilla cumple con la especificación CFE-56100-16.

NOTA: También producimos otros diámetros y longitudes sobre pedido.

Electrodos o Varillas Para Tierra

VARILLA ROSCADA Y COPLES ROSCADOS

- Las varillas roscadas tienen las mismas caracteristicas de las varillas Pentair con recubrimiento electrolitico. Ademas de un roscado diseñado especialmente para la unión adecuada de las varillas.
- La rosca de acero de la varilla de tierra cuenta con un roscado continuo que asegura una conductividad continua y proteccion del núcleo de la varilla.
- Los acopladores de alta Resistencia cuentan con roscado de bronce y con un chaflán en ambos extremos para su facil conexion.
- El cople tipo "CR" esta diseñado para permitir un contacto total con el extremo posterior de la varilla y la punta de la otra. Estos son de alta resistencia, resistentes a la corrosión, aseguran un acoplamiento permanente entre las conexiones cobre-cobre.



VARILLA ROSCADA Y COPLES ROSCADOS

Numero de Catalogo	Diámetro Nominal por Longitud	Atado Estandar	Atado Master	Peso por Cada 100 Pzas (Lbs.)
631380	1/2" x 8'	5	100	540
631300	1/2" x 10'	5	100	688
635860	5/8" x 6'	5	100	452
635880	5/8" x 8'	5	100	668
635800	5/8" x 10'	5	100	856
633480	3/4" x 8'	5	50	998
633400	3/4" x 10'	5	50	1232
634400	1" x 10'	3	25	1802

COPLES TIPO "CR" PARA VARILLA ROSCADA

Numero de Catalogo	Tamaño de la Varilla	Paquete Estandar	Peso por Cada 100 Pzas (Lbs.)
CR12S	1/2" Full Size	25	17
CR58	5/8" Nominal	25	25
CR34	3/4" Nominal	25	40
CR100	1" Nominal	10	85

TORNILLOS TIPO "DS" PARA COPLES DE VARILLA ROSCADA

Numero de Catalogo	Tamaño de la Varilla	Paquete Estandar	Peso por Cada 100 Pzas (Lbs.)
FDS12	1/2" Full Size	25	16
DS58	5/8" Nominal	25	20
DS34	3/4" Nominal	25	32
DS1	1" Nominal	10	66

TIPO "CC" COPLE DE COMPRESIÓN PARA VARILLA COBRIZADA

- El cople de compresión se instala de una manera fácil y rápida sin el riesgo de que la varilla se separe.
- Esta hecho de bronce al silicio de alta resistencia.
- Las 2 varillas son unidas por sus extremos de terminación en punta por el cople de compresión formando una conexión conductiva.

Numero de Catalogo	Diámetro Nominal	Paquete Estandar	Peso por Cada 100 Pzas (Lbs.)
CC12F	1/2" Full	25	17
CC58	5/8" Nominal	25	25
CC34	3/4" Nominal	25	40

COPLE DE ACERO PARA HINCAR VARILLA DE TIERRA

- Se sugiere usarlos para los coples de compresión.
- Se ajusta a la terminación de la varilla para protegerla de la corrosión por humedad.

Numero de Catalogo	Diametro Nominal	Paquete Estandar
B13716	5/8"	1
DH34	3/4"	1



Vista completa del cople de comprensión



Vista seccionada del cople de compresión

ADVERTENCIA
Los productos Pentair deben ser instalados y usados únicamente como está indicado en las hojas de instrucciones y materiales de entrenamiento de Pentair. Las hojas de instrucciones están disponibles en www.erico.pentair.com y con su representante de Servicio a Clientes de Pentair. La instalación inapropiada, mal uso, aplicación incorrecta o cualquier otra falta en el completo seguimiento a las instrucciones y advertencias de Pentair puede ocasionar un malfuncionamiento del producto, daños en la propiedad, lesiones corporales serias e incluso la muerte así como la invalidación de la garantía.

ANSI is a registered trademark of American National Standards Institute. NEMA is a registered service mark of National Electrical Manufacturers Association. UL is a registered trademark of UL LLC.

© 2010, 2013, 2015 Pentair. All Rights Reserved.
Pentair, CADDY, CADWELD, CRITEC, ERICO, ERIFLEX, ERITECH and LENTON are owned by Pentair or its global affiliates. All other trademarks are the property of their respective owners. Pentair reserves the right to change specifications without prior notice.

www.erico.pentair.com

PENTAIR

Procables
a General Cable company

CABLE CONCÉNTRICO DE COBRE

Aplicaciones:

Los cables de cobre desnudos en función de su temple y construcción, se usan sobre aisladores en líneas de distribución eléctrica. En conexiones y puestas a tierra de equipos y distribución eléctrica.

Construcción:

Conductor de cobre cableado concéntrico, formado por un alambre central rodeado por una o más capas de alambres cableados helicoidalmente.

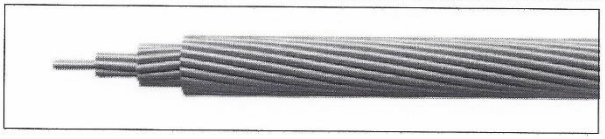
Características:

- El cobre empleado es de alta pureza (contenido mínimo de cobre: 99,95%).
- La conductividad en el cobre de temple blando es del 100% y en temple duro es de 96,16%.
- Tiene buena resistencia a la corrosión y a la fatiga.

Normas:

- NTC 307
- ASTM B-8

Los conductores de cobre blando clase B pueden ser del tipo comprimido en cuyo caso el diámetro reducido es de un 3%.



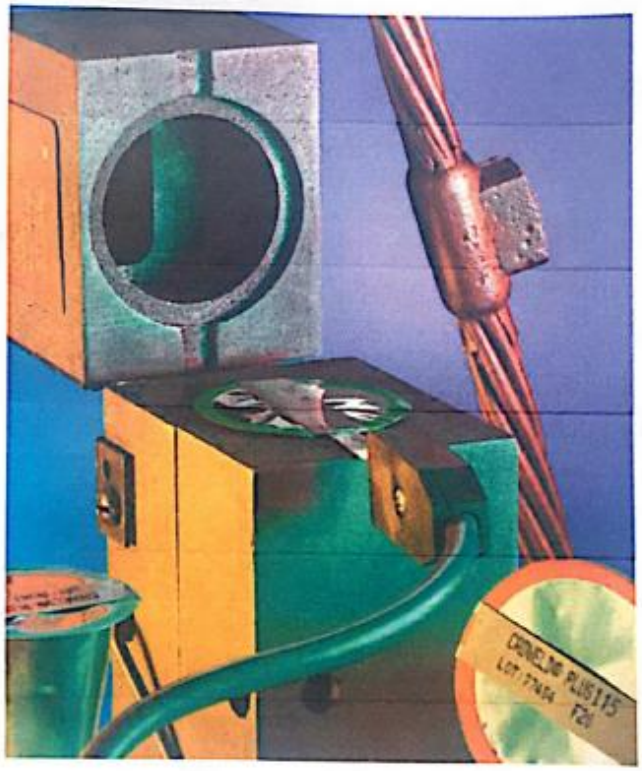
Calibre AWG o kcmil	Clase de cableado	Const.	Diámetro exterior		Área		Resistencia nominal c.c. a 20 °C				Carga mínima a la rotura		Masa nominal	
							Duro		Blando		Cu duro			
		N° hilos	mm	in	mm²	in²	Ω/km	Ω/ kft	Ω/km	Ω/ kft	kgf	lbf	kg/km	lb / kft
14	B	7	1,84	0,0726	2,079	0,0032	8,795	2,681	8,457	2,578	-	-	18,87	12,68
12	B	7	2,32	0,0915	3,302	0,0051	5,538	1,688	5,326	1,623	-	-	30,00	20,16
10	B	7	2,93	0,116	5,259	0,0082	3,478	1,060	3,344	1,019	-	-	47,72	32,06
9	B	7	3,29	0,130	6,652	0,0103	2,749	0,8380	2,644	0,8058	278	613	60,16	40,42
8	B	7	3,70	0,146	8,318	0,0129	2,199	0,6702	2,114	0,6444	351	774	75,86	50,97
6	B	7	4,66	0,184	13,21	0,0205	1,385	0,4220	1,331	0,4058	552	1217	120,6	80,05
4	A, B	7	5,88	0,232	21,12	0,0327	0,8659	0,2639	0,8327	0,2538	877	1934	191,8	128,9
2	A, B	7	7,42	0,292	33,54	0,0520	0,5453	0,1662	0,5243	0,1598	1364	3008	304,9	204,9
1	A	7	8,33	0,328	42,49	0,0659	0,4304	0,1312	0,4139	0,1262	1720	3793	384,6	258,4
1	B	19	8,43	0,332	42,62	0,0660	0,4291	0,1308	0,4126	0,1258	1759	3878	384,6	258,4
1/0	AA, A	7	9,36	0,368	53,52	0,0830	0,3417	0,1042	0,3286	0,1002	2145	4729	484,9	325,8
1/0	B	19	9,46	0,373	53,30	0,0826	0,3431	0,1046	0,3299	0,1006	2218	4891	484,9	325,8
2/0	AA, A	7	10,5	0,414	67,35	0,1044	0,2716	0,0828	0,2611	0,0796	2673	5893	611,5	410,9
2/0	B	19	10,6	0,419	67,70	0,1049	0,2701	0,0823	0,2598	0,0792	2766	6098	611,5	410,9
3/0	AA, A	7	11,8	0,464	84,91	0,1316	0,2154	0,0656	0,2071	0,0631	3332	7347	771,1	518,1
3/0	B	19	11,9	0,470	85,24	0,1321	0,2146	0,0653	0,2063	0,0629	3489	7691	771,1	518,1
4/0	AA, A	7	13,3	0,522	107,4	0,1665	0,1703	0,0519	0,1637	0,0499	4104	9047	972,0	653,1
4/0	B	19	13,4	0,528	107,2	0,1661	0,1706	0,0520	0,1641	0,0500	4350	9590	972,0	653,1
250	A	19	14,6	0,574	126,4	0,1959	0,1447	0,0441	0,1392	0,0424	5138	11326	1149	771,9
250	B	37	14,61	0,575	126,6	0,1964	0,144	0,0440	0,1390	0,0423	5196	11454	1148,8	771,9
300	A	19	15,96	0,629	152,1	0,2358	0,1202	0,0366	0,1156	0,0352	6096	13440	1378,6	926,3
300	B	37	16,00	0,63	151,8	0,2354	0,120	0,0367	0,1160	0,0353	6236	13748	1378,6	926,3
350	A	19	17,23	0,679	177,3	0,2748	0,1032	0,0314	0,0992	0,0302	7032	15502	1609	1081
350	B	37	17,30	0,681	177,5	0,2751	0,1030	0,0314	0,0991	0,0301	7195	15861	1609	1081
400	AA, A	19	18,42	0,726	202,7	0,3142	0,0902	0,0275	0,0868	0,0264	8037	17719	1838	1235
400	B	37	18,49	0,728	202,8	0,3143	0,0902	0,0275	0,0867	0,0264	8223	18129	1838,0	1235
500	AA	19	20,59	0,813	253,3	0,3926	0,0722	0,0221	0,0694	0,0212	9929	21889	2298	1544
500	A, B	37	20,66	0,813	253,1	0,3924	0,0722	0,0221	0,0695	0,0212	10161	22402	2298	1544
600	AA, A	37	22,63	0,891	303,8	0,4709	0,0602	0,0183	0,0579	0,0176	12193	26880	2758	1883
600	B	61	22,67	0,893	304,1	0,4714	0,0601	0,0183	0,0578	0,0176	12332	27188	2758	1883
700	AA	37	24,44	0,963	354,5	0,5494	0,0516	0,0157	0,0496	0,0151	14064	31005	3216	2161
700	A, B	61	24,48	0,964	354,5	0,5495	0,0516	0,0157	0,0496	0,0151	14389	31723	3216	2161
750	AA	37	25,31	0,997	380,2	0,5893	0,0481	0,0147	0,0463	0,0141	15066	33216	3447	2316
750	A, B	61	25,35	0,998	380,1	0,5892	0,0481	0,0147	0,0463	0,0141	15415	33985	3447	2316
800	AA	37	26,13	1,029	405,1	0,6280	0,0451	0,0138	0,0434	0,0132	15886	35022	3676	2470
800	A, B	61	26,17	1,031	405,2	0,6281	0,0451	0,0138	0,0434	0,0132	16444	36252	3676	2470
900	AA	37	27,73	1,092	456,3	0,7072	0,0401	0,0122	0,0385	0,0117	17873	39403	4136	2779
900	A, B	61	27,77	1,094	456,2	0,7072	0,0401	0,0122	0,0385	0,0117	18292	40326	4136	2779
1000	AA	37	29,23	1,151	506,7	0,7854	0,0361	0,0110	0,0347	0,0106	19626	43266	4596	3088
1000	A, B	61	29,26	1,152	506,4	0,7849	0,0361	0,0110	0,0347	0,0106	20323	44804	4596	3088

Procables S.A.S. C.I. se reserva el derecho de modificar el contenido del catálogo sin previo aviso. Todos los valores indicados son nominales y están sujetos a tolerancias de fabricación.

CADWELD

CADWELD® PLUS

Liderando la Tecnología en Soldadura Exotérmica



ERICO®

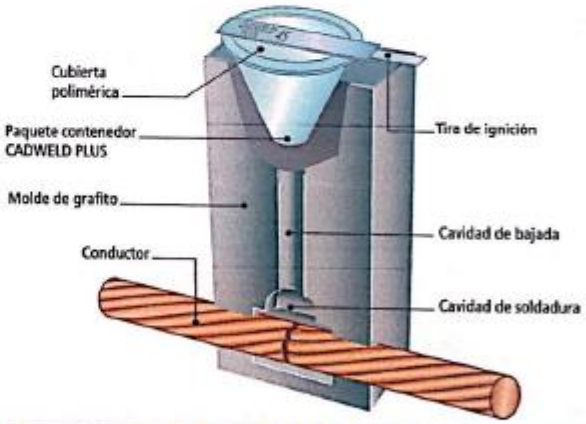
CADWELD® PLUS

Lo último en conexiones soldadas que nunca se aflojan, corroen o incrementan su valor de resistencia solo se MEJORAN.

CADWELD PLUS es el último desarrollo en la continua evolución de los productos exotérmicos de ERICO®. Desde su desarrollo en 1938, las conexiones eléctricas CADWELD han sido reconocidas como lo mejor en conexiones para la industria de ferrocarriles, protección catódica y aplicaciones para sistemas de tierra o energía. ERICO se ha posicionado a nivel mundial como el líder en conexiones. CADWELD PLUS continúa esta tradición en el liderazgo tecnológico..

El sistema revolucionario de CADWELD PLUS es un método simplificado para realizar conexiones eléctricas soldables exotérmicas. CADWELD PLUS integra un paquete de soldadura que ha simplificado el proceso de instalación eliminando los materiales de ignición y reduciendo el tiempo de preparación.

El recipiente hermético, que contiene la soldadura, consiste en una copa metálica que aloja el material de soldadura patentado CADWELD y a la fuente de ignición. Este nuevo paquete esta diseñado para utilizarse en todos los moldes estándar CADWELD incluyendo el CADWELD® MULTI. Una vez colocado en el molde CADWELD, el material de soldadura es activado electrónicamente por medio de una unidad de control operada por baterías que Una vez colocado en el molde CADWELD, el material de soldadura es activado electrónicamente por medio de una unidad de control operada por baterías que se conecta por medio de un cable de 1.80 metros de longitud por medio de un cable de 1.80 metros de longitud.



Las conexiones CADWELD® PLUS ofrecen todas las ventajas y beneficios que las conexiones convencionales CADWELD®:

- Soportan repetidas corrientes de falla sin provocarles daño durante su operación
- Exceden los requerimientos de la norma del "IEEE® Std 837- Std. para la Calificación de Conexiones Permanentes Utilizadas en Sistemas de Tierra para Subestaciones"
- Uniones cobre a cobre, cobre a acero o acero galvanizado, cobre a acero con recubrimiento de cobre, cobre a bronce/latón/acero inoxidable, acero a acero, etc.
- Capacidad de conducción de corriente igual a la del conductor
- Unión molecular permanente que no se afloja o corroe, dando como resultado una conexión con una vida útil igual a la de la instalación
- No se requiere de una fuente de poder o de calor externa
- Inspección de Calidad fácil y en forma visual
- Mínimo entrenamiento requerido para su instalación





La unión molecular de CADWELD da una vida útil igual a la de los conductores.

CADWELD® PLUS

Característica	Beneficios
Paquete Integrado de material para soldadura	• Simplifica el entrenamiento y la preparación • Reducción en costos de mano de obra • Simplifica la limpieza
Metal de soldadura con Código de Colores	• Reduce el riesgo de error en la aplicación • Verificación visual simple para ver el tamaño correcto de la carga
Unidad Electrónica de Control	• No requiere de material de arranque • Fácil ignición
Cable de un metro con ochenta centímetros para la unidad de Control	• Incrementa la flexibilidad en áreas de difícil acceso

ANEXO H

CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA PROTECCIÓN CONTRA RAYOS

ASPECTOS A EVALUAR

1. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

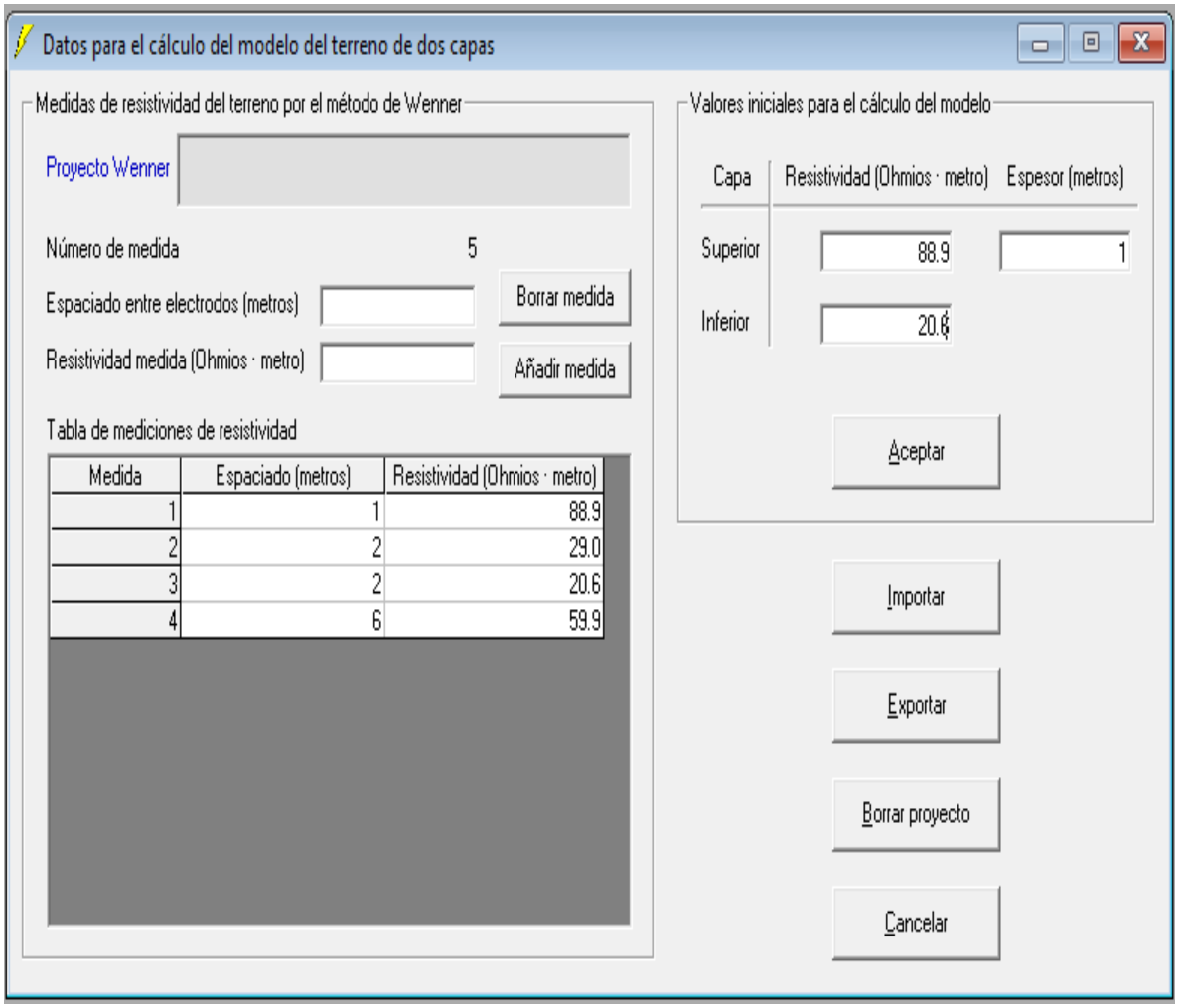
- Análisis de corto circuito y falla a tierra.
- Calculo del conductor del electrodo o malla de puesta a tierra.
- Calculo de tensiones de paso y contacto.

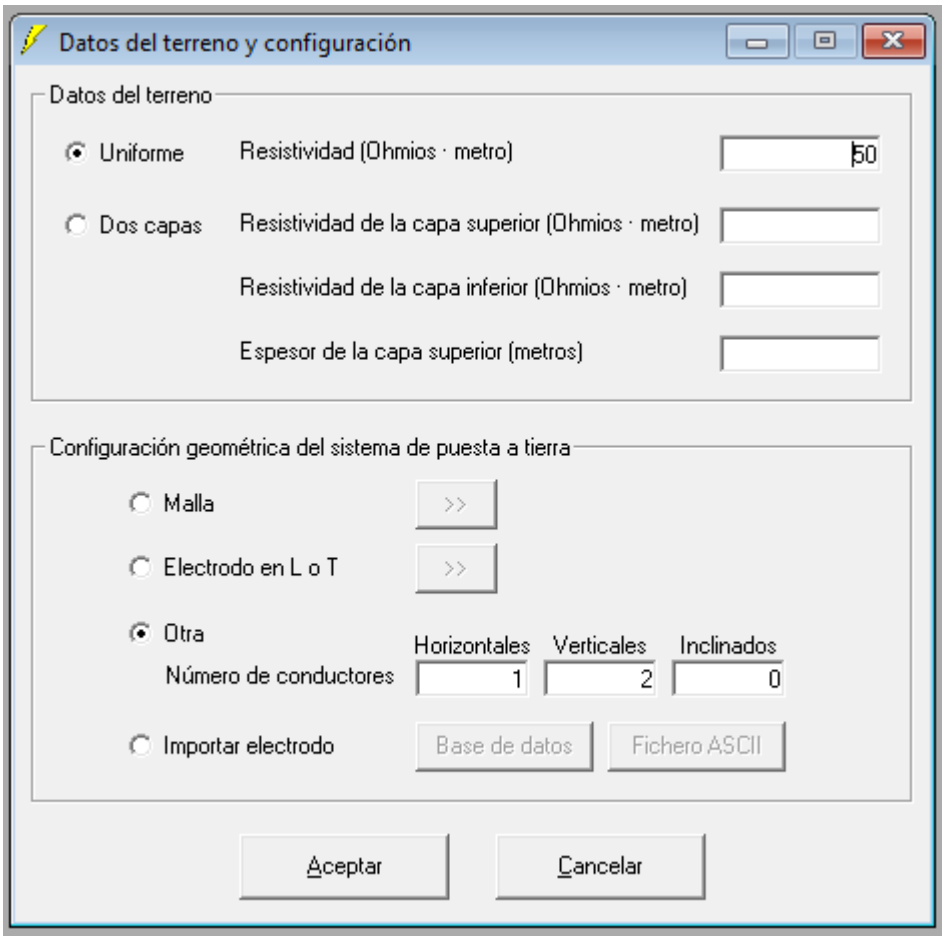
Diseño y Cálculo de Sistemas de Puesta a Tierra
IGI 1996 – 2010

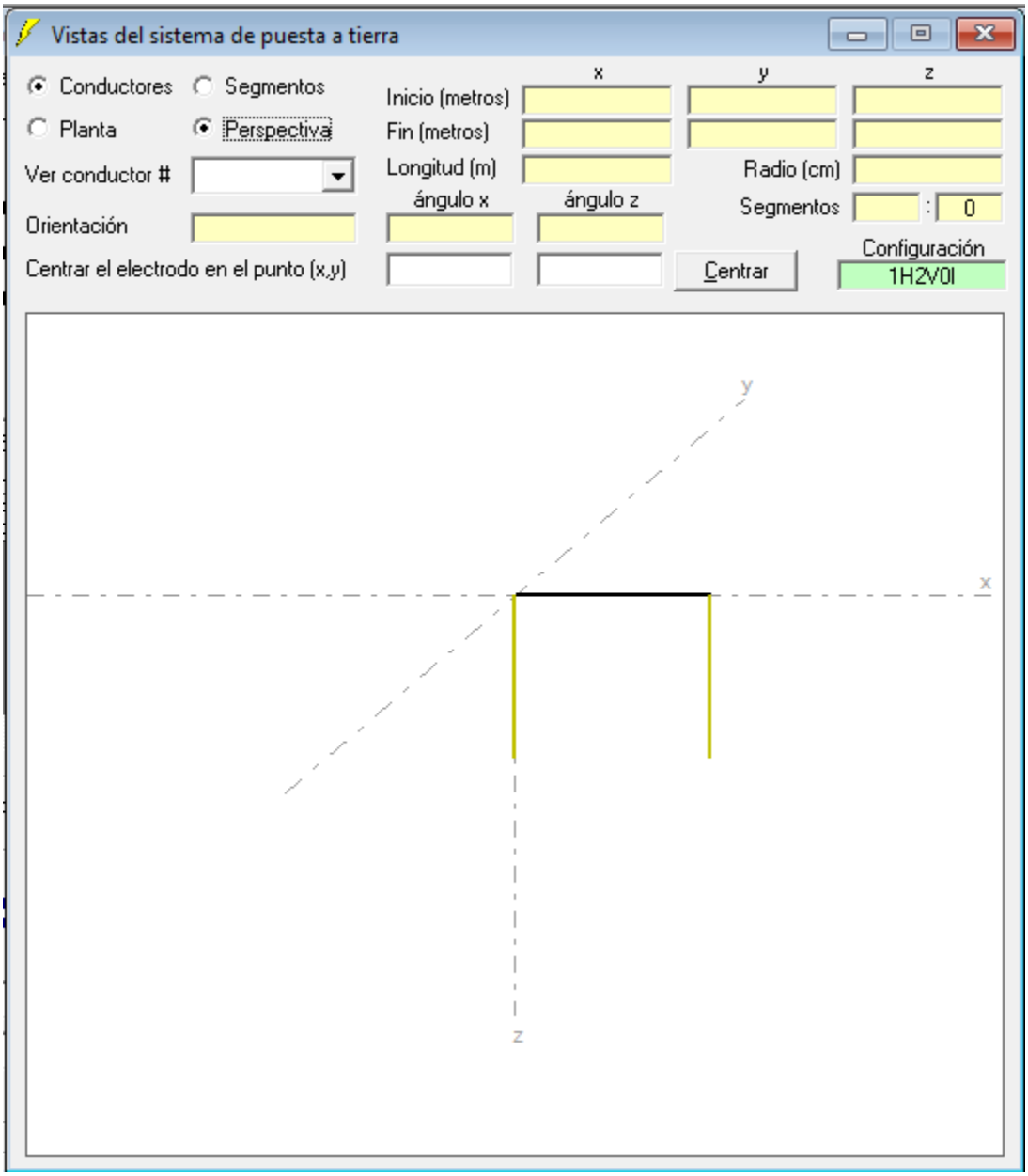


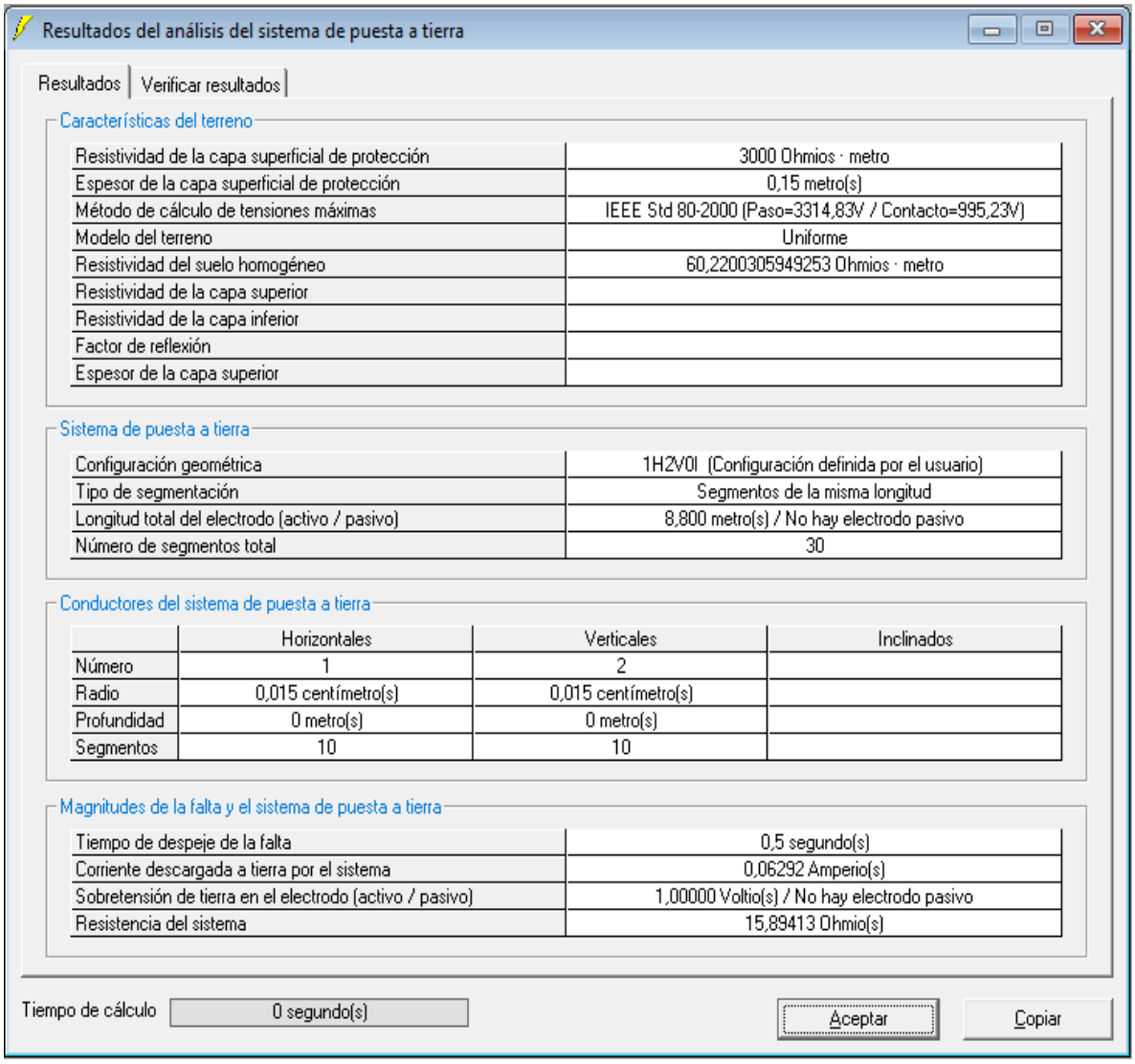
Cargando...

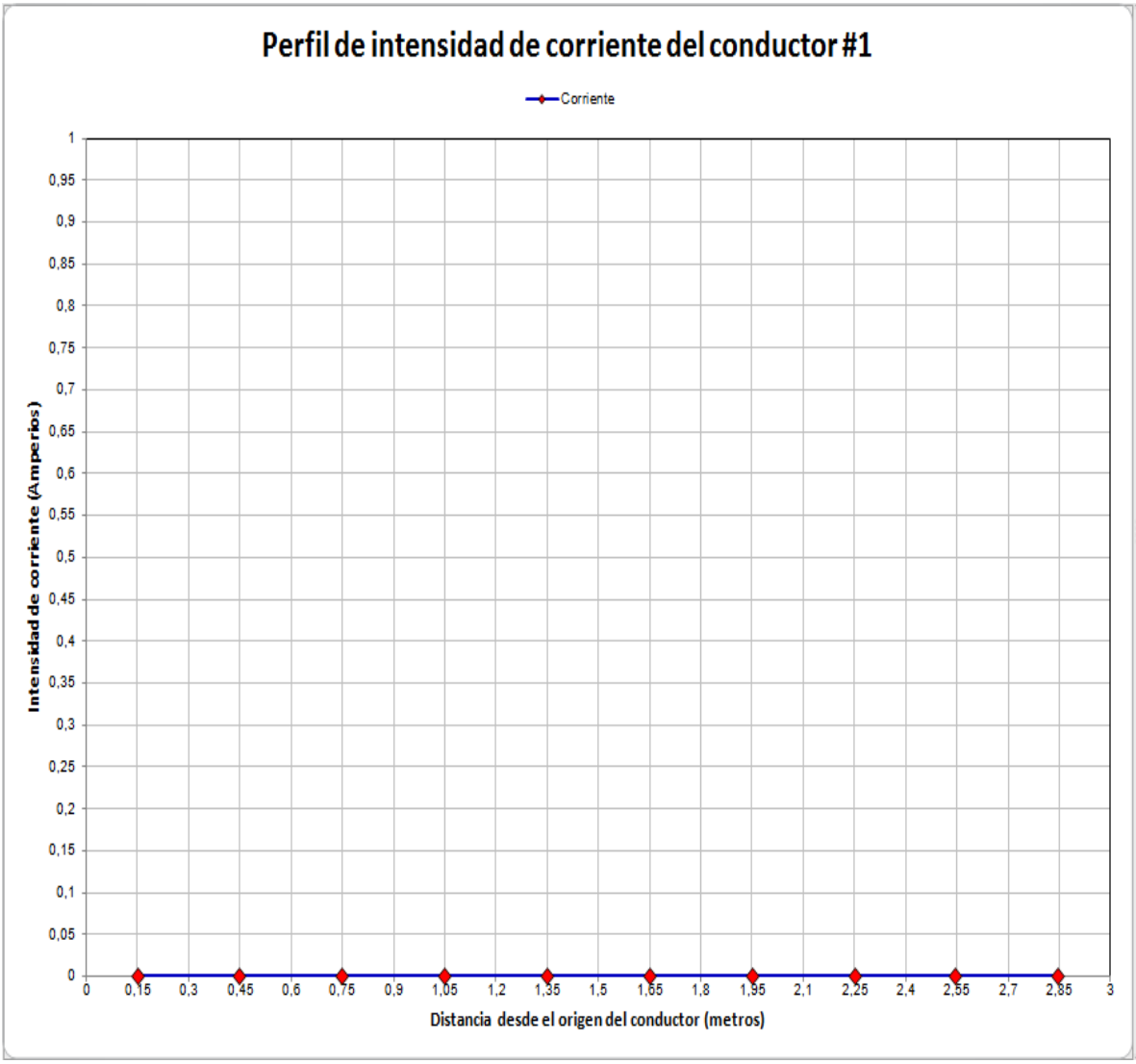
2 ELECTRODOS DISTANCIADOS A 1m

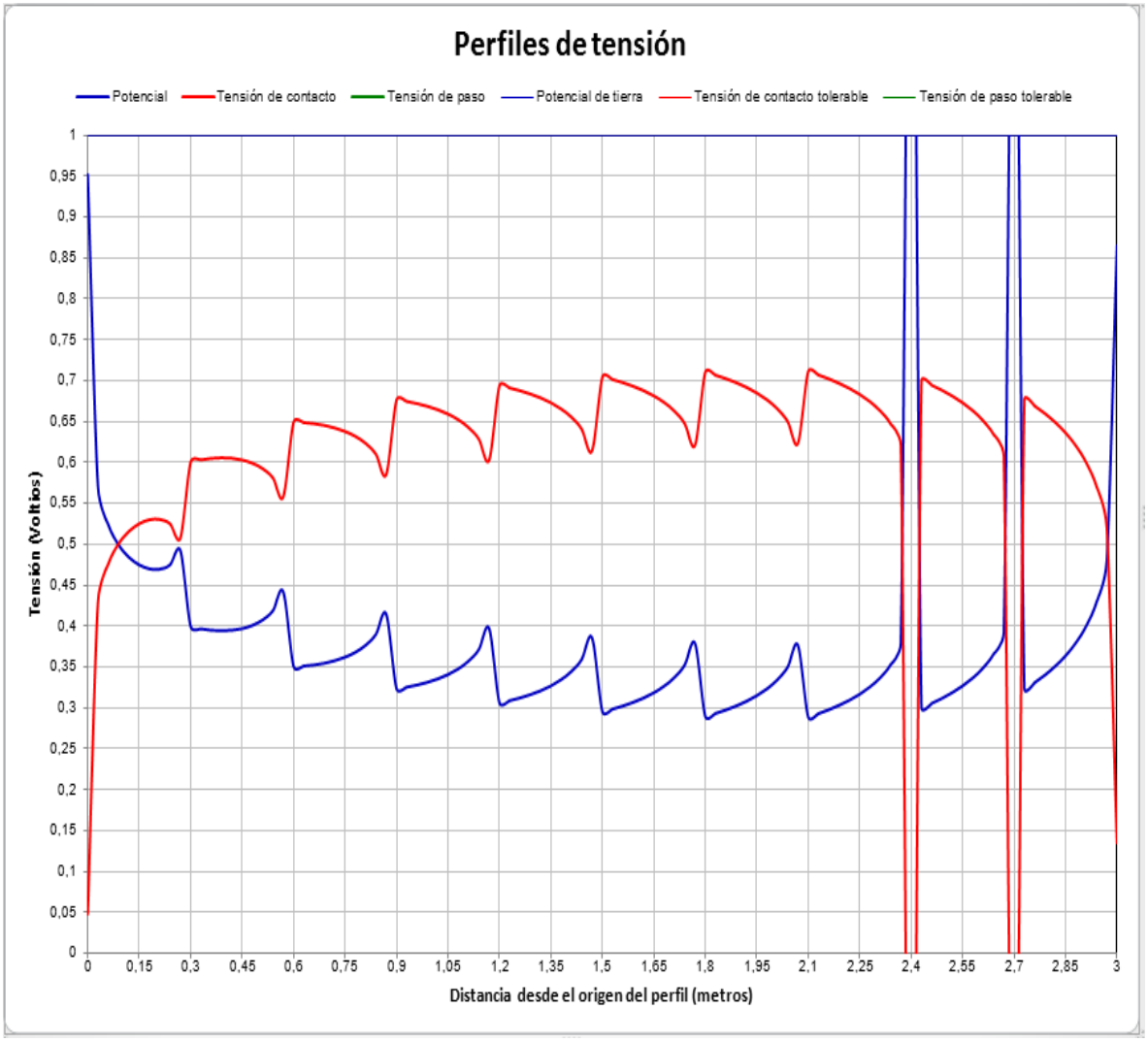


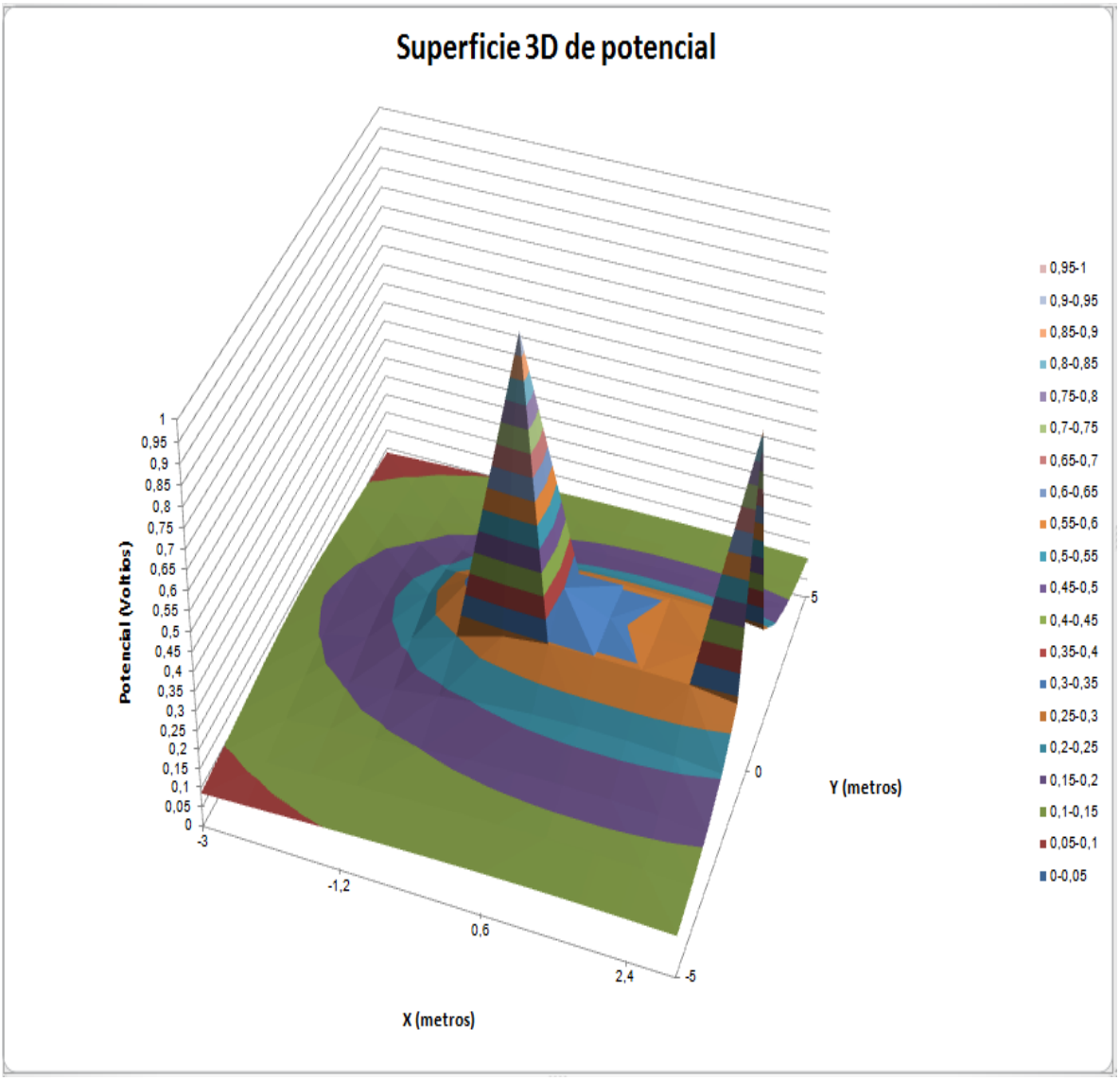

Datos del terreno y configuración
Datos del terreno
Uniforme
Resistividad (Ohmios · metro)
50
Dos capas
Resistividad de la capa superior (Ohmios · metro)
Resistividad de la capa inferior (Ohmios · metro)
Espesor de la capa superior (metros)
Configuración geométrica del sistema de puesta a tierra
Malla
>>
Electrodo en L o T
>>
Otra
Horizontales
Verticales
Inclinados
Número de conductores
1
2
0
Importar electrodo
Base de datos
Fichero ASCII
Aceptar
Cancelar

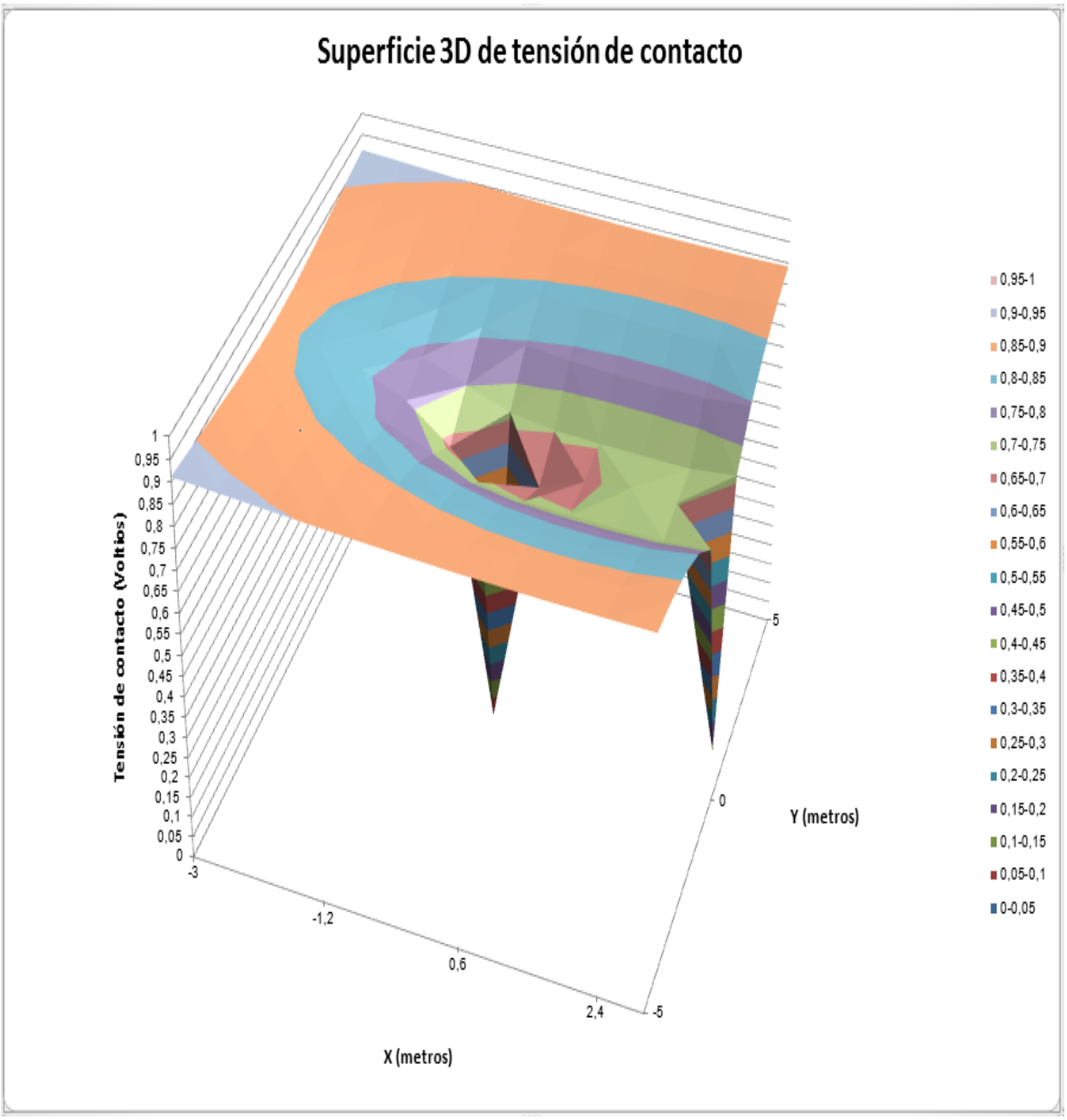

Vistas del sistema de puesta a tierra
Conductores
Segmentos
Planta
Perspectiva
Ver conductor #
Orientación
Centrar el electrodo en el punto (x,y)
x
y
z
Inicio (metros)
Fin (metros)
Longitud (m)
ángulo x
ángulo z
Radio (cm)
Segmentos
0
Centrar
Configuración
1H2V0I
y
x
z

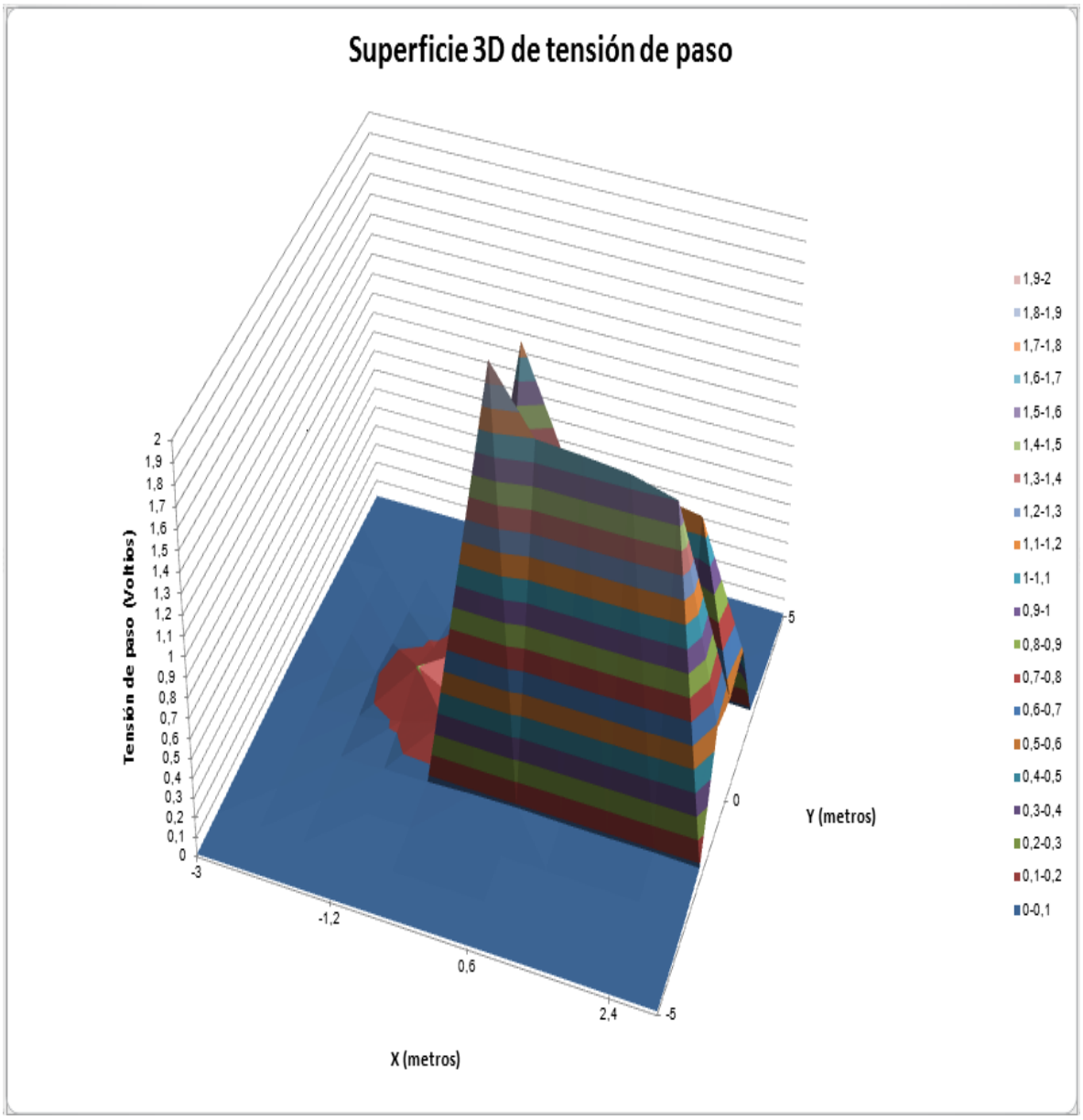

Resultados del análisis del sistema de puesta a tierra
Resultados
Verificar resultados
Características del terreno
Resistividad de la capa superficial de protección
3000 Ohmios · metro
Espesor de la capa superficial de protección
0,15 metro(s)
Método de cálculo de tensiones máximas
IEEE Std 80-2000 (Paso=3314,83V / Contacto=995,23V)
Modelo del terreno
Uniforme
Resistividad del suelo homogéneo
60,2200305949253 Ohmios · metro
Resistividad de la capa superior
Resistividad de la capa inferior
Factor de reflexión
Espesor de la capa superior
Sistema de puesta a tierra
Configuración geométrica
1H2V0I (Configuración definida por el usuario)
Tipo de segmentación
Segmentos de la misma longitud
Longitud total del electrodo (activo / pasivo)
8,800 metro(s) / No hay electrodo pasivo
Número de segmentos total
30
Conductores del sistema de puesta a tierra
Horizontales
Verticales
Inclinados
Número
1
2
Radio
0,015 centímetro(s)
0,015 centímetro(s)
Profundidad
0 metro(s)
0 metro(s)
Segmentos
10
10
Magnitudes de la falta y el sistema de puesta a tierra
Tiempo de despeje de la falta
0,5 segundo(s)
Corriente descargada a tierra por el sistema
0,06292 Amperio(s)
Sobretensión de tierra en el electrodo (activo / pasivo)
1,00000 Voltio(s) / No hay electrodo pasivo
Resistencia del sistema
15,89413 Ohmio(s)
Tiempo de cálculo
0 segundo(s)
Aceptar
Copiar


Perfil de intensidad de corriente del conductor #1
Corriente
Intensidad de corriente (Amperios)
1
0,95
0,9
0,85
0,8
0,75
0,7
0,65
0,6
0,55
0,5
0,45
0,4
0,35
0,3
0,25
0,2
0,15
0,1
0,05
0
0
0,15
0,3
0,45
0,6
0,75
0,9
1,05
1,2
1,35
1,5
1,65
1,8
1,95
2,1
2,25
2,4
2,55
2,7
2,85
3
Distancia desde el origen del conductor (metros)


Perfiles de tensión
Potencial
Tensión de contacto
Tensión de paso
Potencial de tierra
Tensión de contacto tolerable
Tensión de paso tolerable
Tensión (Voltios)
Distancia desde el origen del perfil (metros)


Superficie 3D de potencial
Potencial (Voltios)
1
0,95
0,9
0,85
0,8
0,75
0,7
0,65
0,6
0,55
0,5
0,45
0,4
0,35
0,3
0,25
0,2
0,15
0,1
0,05
0
-3
-1,2
0,6
2,4
X (metros)
5
0
-5
Y (metros)
0,95-1
0,9-0,95
0,85-0,9
0,8-0,85
0,75-0,8
0,7-0,75
0,65-0,7
0,6-0,65
0,55-0,6
0,5-0,55
0,45-0,5
0,4-0,45
0,35-0,4
0,3-0,35
0,25-0,3
0,2-0,25
0,15-0,2
0,1-0,15
0,05-0,1
0-0,05


Superficie 3D de tensión de contacto
Tensión de contacto (Voltios)
1
0,95
0,9
0,85
0,8
0,75
0,7
0,65
0,6
0,55
0,5
0,45
0,4
0,35
0,3
0,25
0,2
0,15
0,1
0,05
0
-3
-1,2
0,6
2,4
X (metros)
5
0
-5
Y (metros)
0,95-1
0,9-0,95
0,85-0,9
0,8-0,85
0,75-0,8
0,7-0,75
0,65-0,7
0,6-0,65
0,55-0,6
0,5-0,55
0,45-0,5
0,4-0,45
0,35-0,4
0,3-0,35
0,25-0,3
0,2-0,25
0,15-0,2
0,1-0,15
0,05-0,1
0-0,05


Superficie 3D de tensión de paso
Tensión de paso (Voltios)
2
1,9
1,8
1,7
1,6
1,5
1,4
1,3
1,2
1,1
1
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
-3
-1,2
0,6
2,4
X (metros)
5
0
-5
Y (metros)
1,9-2
1,8-1,9
1,7-1,8
1,6-1,7
1,5-1,6
1,4-1,5
1,3-1,4
1,2-1,3
1,1-1,2
1-1,1
0,9-1
0,8-0,9
0,7-0,8
0,6-0,7
0,5-0,6
0,4-0,5
0,3-0,4
0,2-0,3
0,1-0,2
0-0,1

Informe de resultados del sistema de puesta a tierra

Proyecto APTOS CASA DE LA CULTURA
Configuración SIN CONFIGURACIÓN

Características del terreno

Modelo de terreno UNIFORME
Resistividad de modelo uniforme 60,2200305949253 Ohmios-metro
Resistividad de la capa superior
Resistividad de la capa inferior
Espesor de la capa superior
Factor de reflexión

Configuración geométrica

Clave 1H2V0I (CONFIGURACIÓN DEFINIDA POR EL USUARIO)
Número de conductores horizontales 1
Número de conductores verticales 2
Número de conductores inclinados 0
Longitud total del electrodo activo 8,800 metros
Longitud total del electrodo pasivo 0,000 metros

Nº/T/H	X (metros)		Y (metros)		Z (metros)		Radio	Longitud		Ángulo (º)	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	(centímetros)	(metros)		X	Z
1/A/S	0,0000	3,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0150	3,0000		0,00	
2/A/S	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	2,9000	0,0150	2,9000		90,00	
3/A/S	3,0000	3,0000	0,0000	0,0000	0,0000	2,9000	0,0150	2,9000		90,00	

Segmentación

Tipo de segmentación SEGMENTOS DE LA MISMA LONGITUD EN CADA CONDUCTOR
Número total de segmentos 30
Segmentos por conductor horizontal 10
Segmentos por conductor vertical 10
Segmentos por conductor inclinado 0

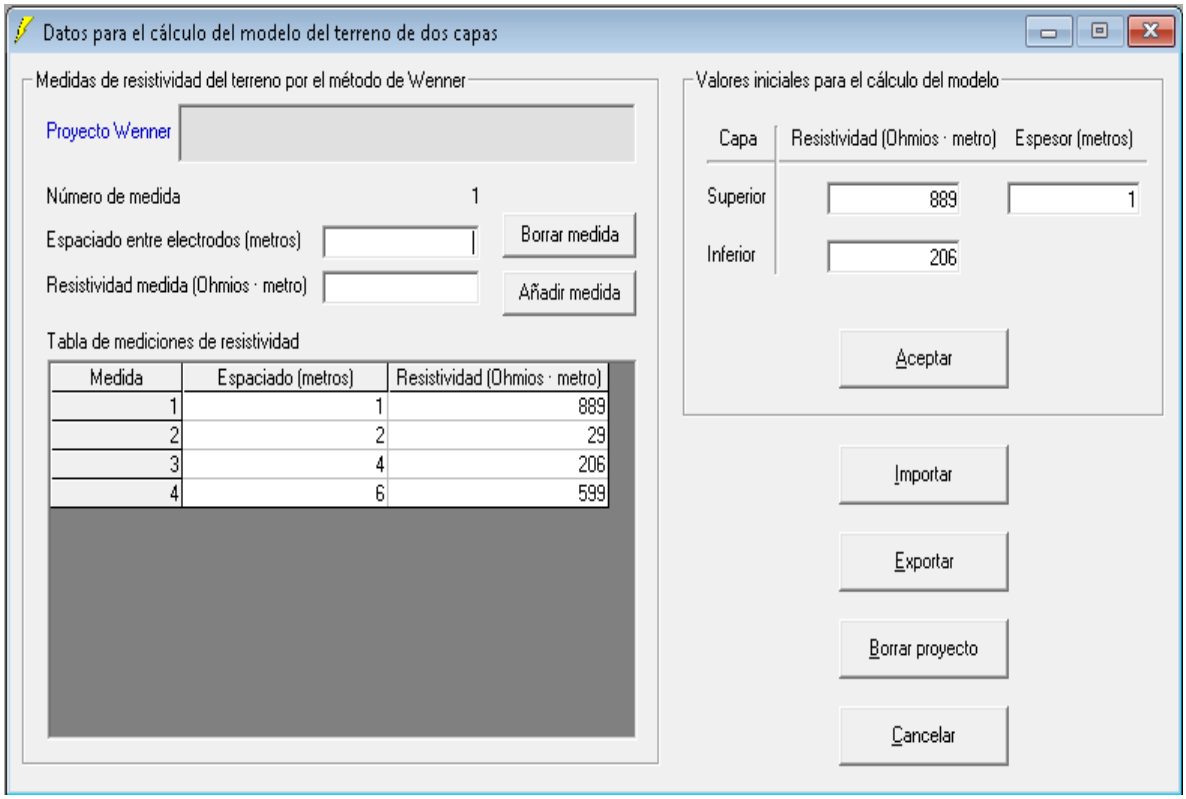
Magnitudes del sistema

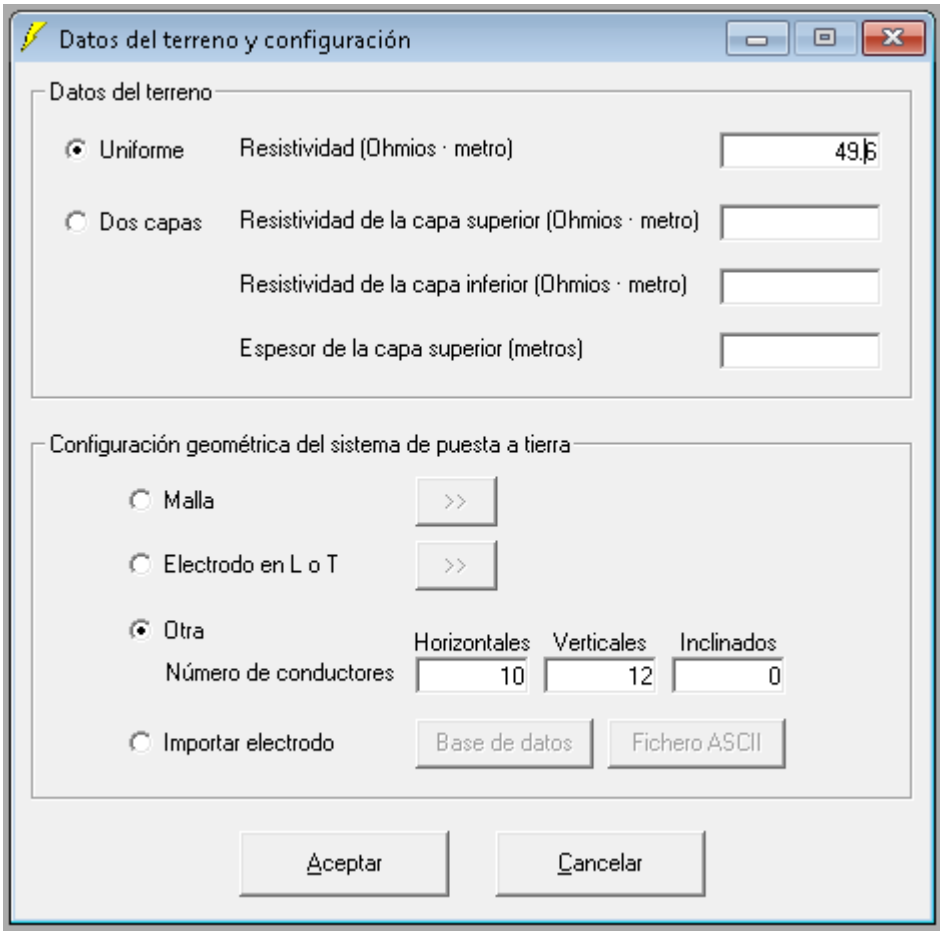
Intensidad a disipar	0,06292 Amperios
Sobretensión de tierra en el electrodo electrodo pasivo	1,00000 Voltios (activo) / No hay
Resistencia de puesta a tierra	**15,8941274 Ohmios**

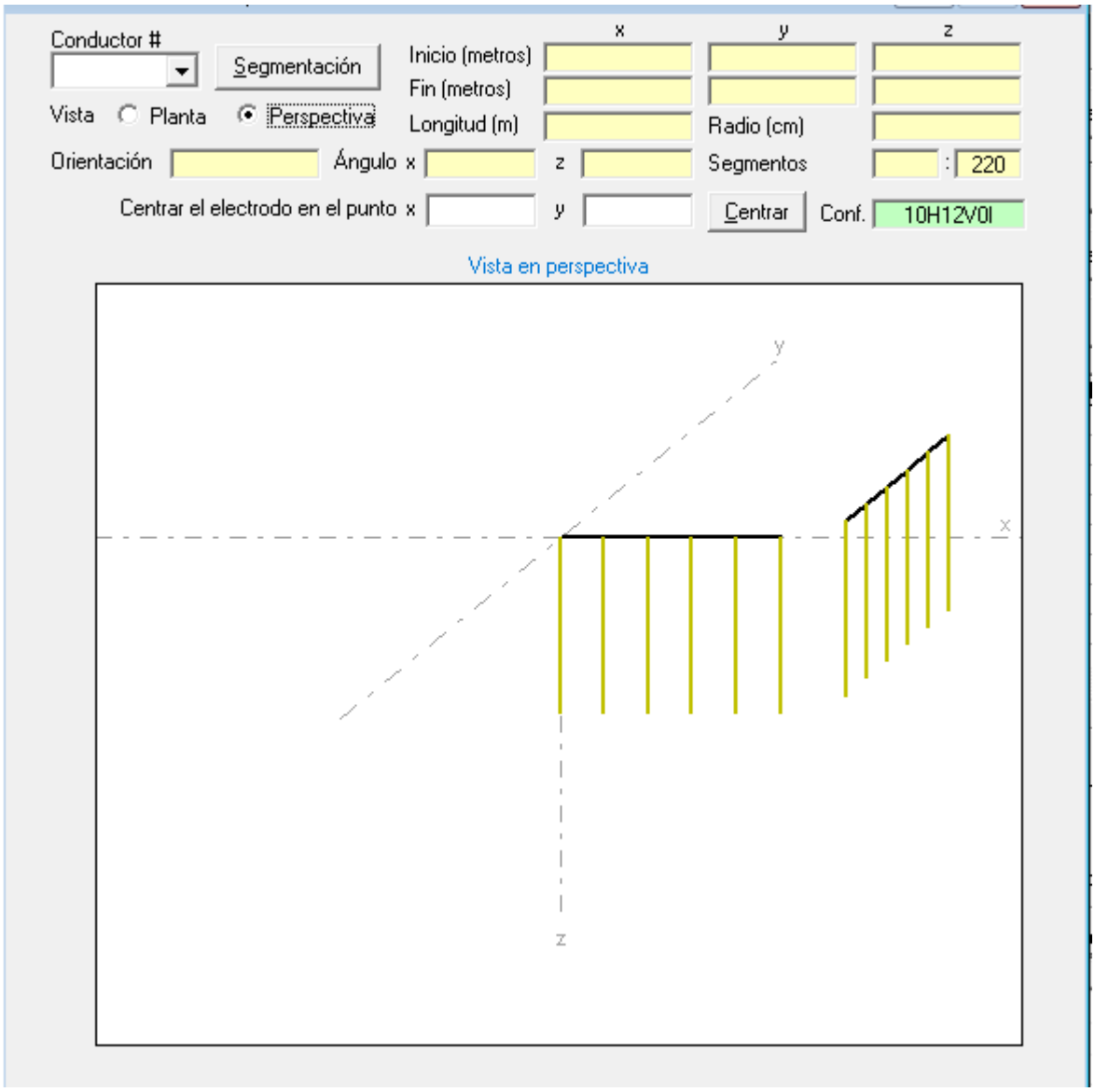
Seguridad

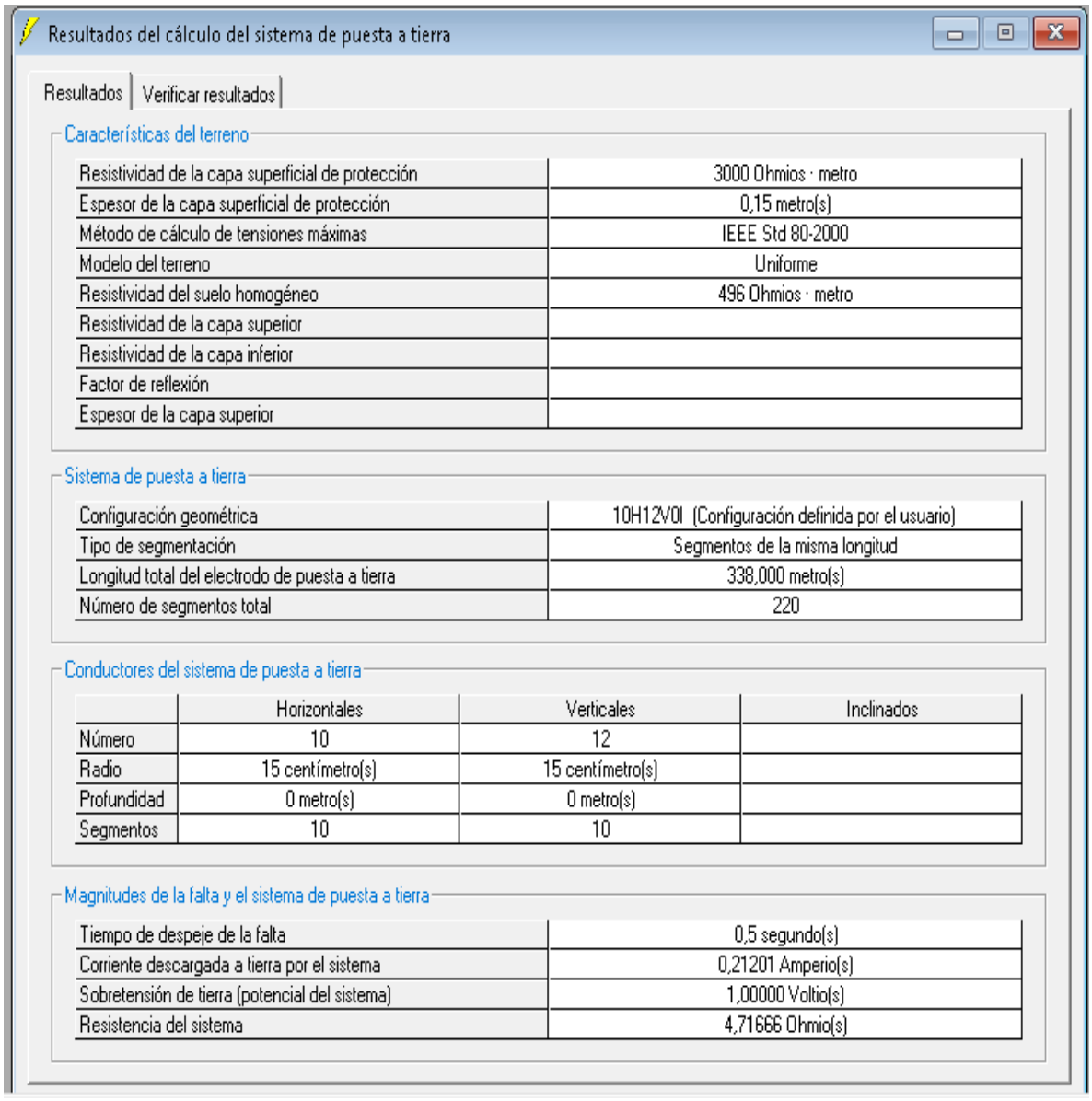
Método de cálculo de tensiones máximas	IEEE STD 80-2000
Tiempo de despeje de la falta	0,5 segundos
Capa superficial de alta resistividad	SÍ
Resistividad de la capa superficial	3000 Ohmios-metro
Espesor de la capa superficial	15 centímetros
Peso estimado para cálculo de tensiones	70 kilogramos
Factor de corrección	0,773863079276533
Máxima tensión de paso admisible (SOBRETENSIÓN = 1)	NO APLICABLE EN CÁLCULOS POR UNIDAD
Máxima tensión de contacto admisible (SOBRETENSIÓN = 1)	NO APLICABLE EN CÁLCULOS POR UNIDAD

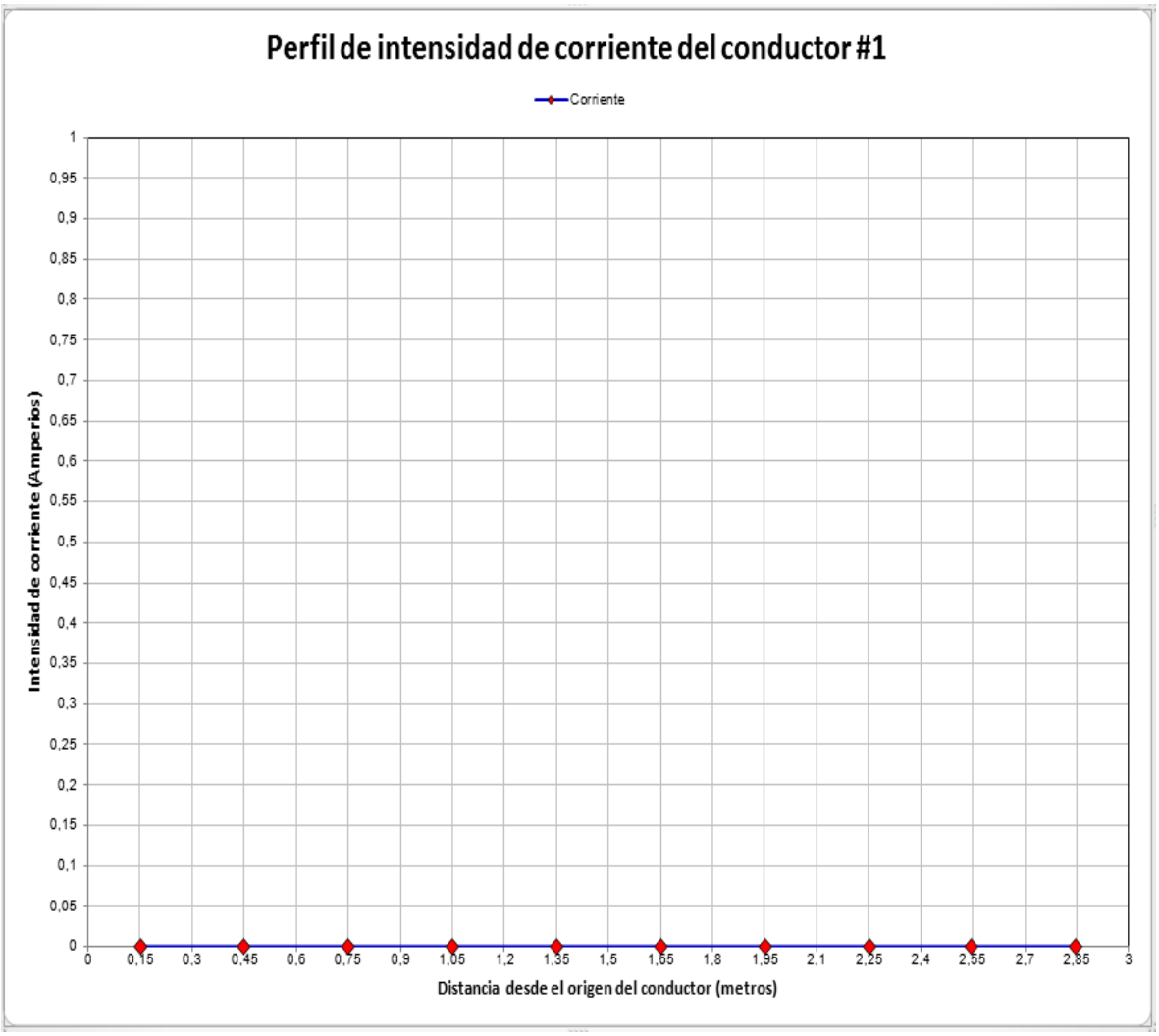
12 ELECTRODOS EN LÍNEA DISTANCIADOS 5M

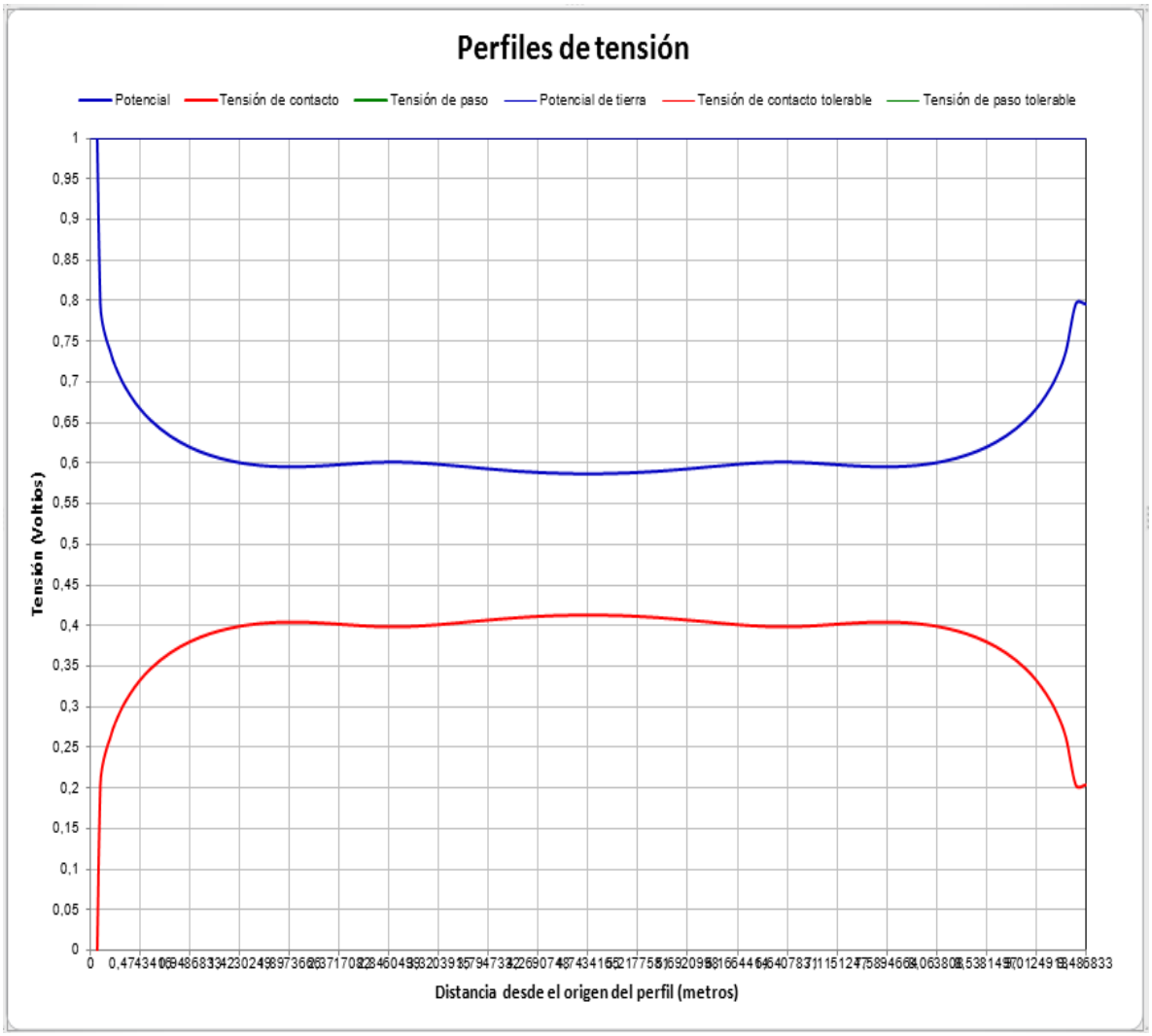


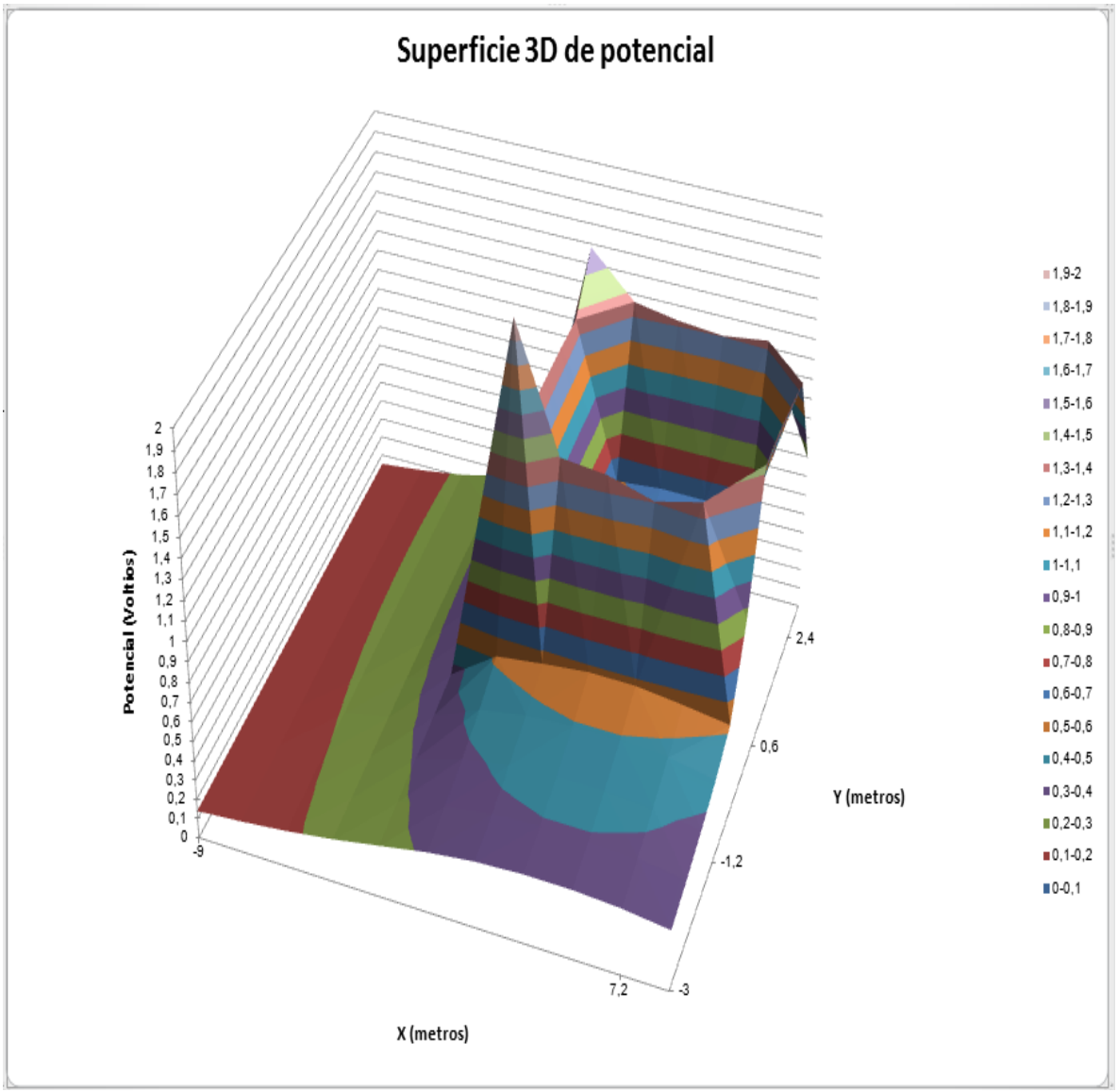

Datos del terreno y configuración
Datos del terreno
Uniforme
Resistividad (Ohmios · metro)
49.6
Dos capas
Resistividad de la capa superior (Ohmios · metro)
Resistividad de la capa inferior (Ohmios · metro)
Espesor de la capa superior (metros)
Configuración geométrica del sistema de puesta a tierra
Malla
>>
Electrodo en L o T
>>
Otra
Horizontales
Verticales
Inclinados
Número de conductores
10
12
0
Importar electrodo
Base de datos
Fichero ASCII
Aceptar
Cancelar

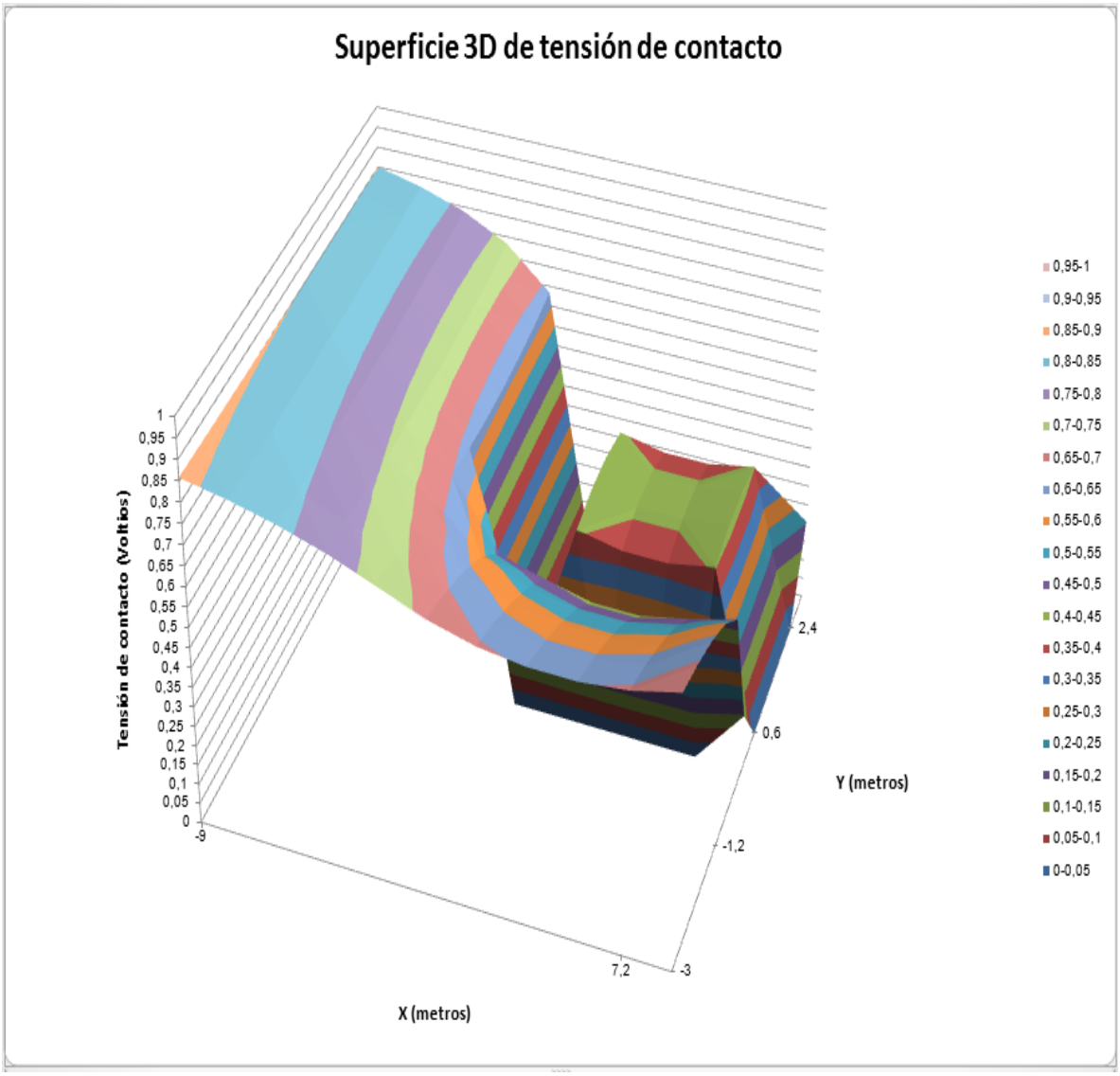

Conductor #
Segmentación
Vista
Planta
Perspectiva
Orientación
Ángulo
x
y
z
Inicio (metros)
Fin (metros)
Longitud (m)
Radio (cm)
Segmentos
220
Centrar el electrodo en el punto
Centrar
Conf.
10H12V0I
Vista en perspectiva

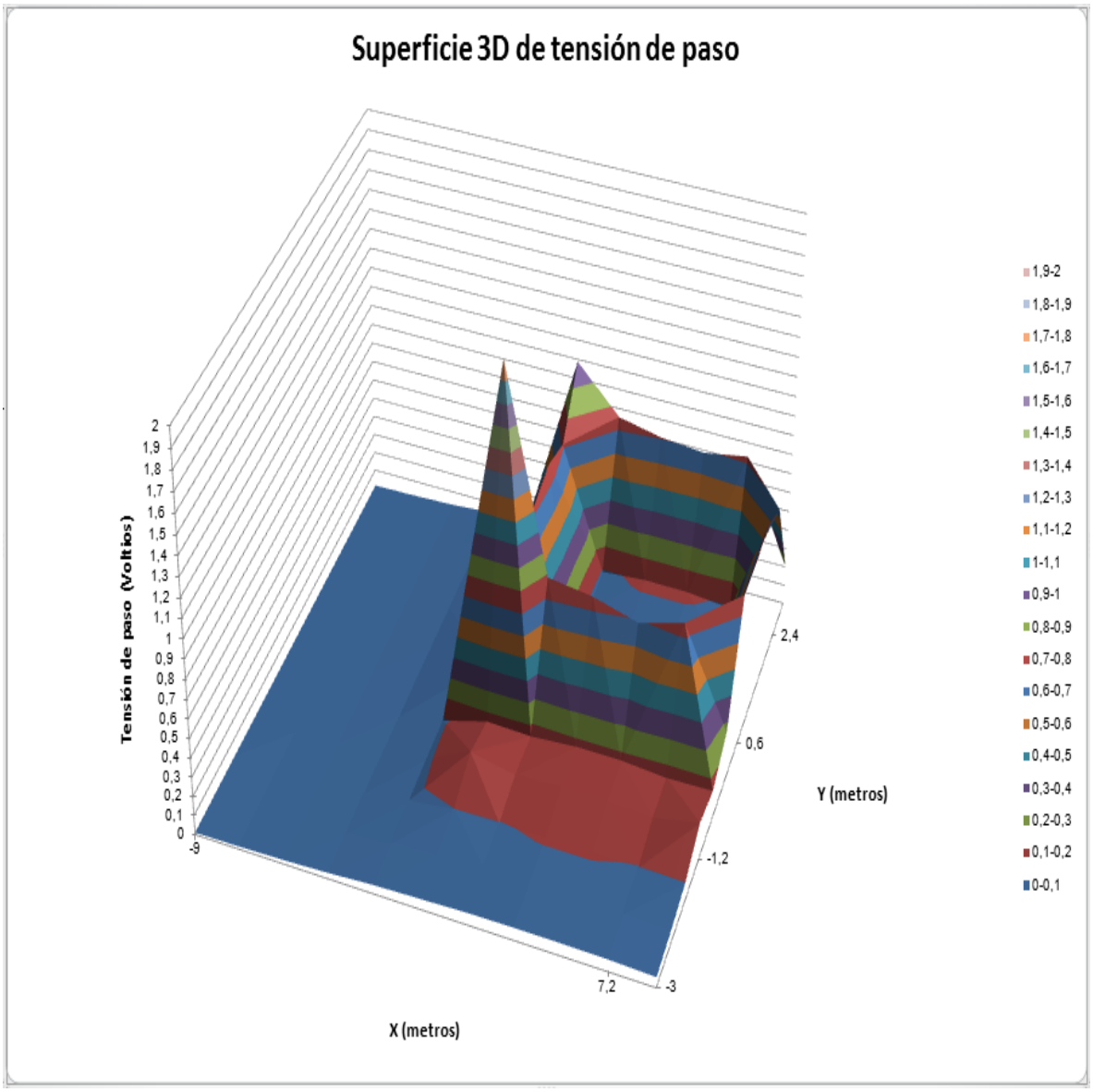

Resultados del cálculo del sistema de puesta a tierra
Resultados
Verificar resultados
Características del terreno
Resistividad de la capa superficial de protección
3000 Ohmios · metro
Espesor de la capa superficial de protección
0,15 metro(s)
Método de cálculo de tensiones máximas
IEEE Std 80-2000
Modelo del terreno
Uniforme
Resistividad del suelo homogéneo
496 Ohmios · metro
Resistividad de la capa superior
Resistividad de la capa inferior
Factor de reflexión
Espesor de la capa superior
Sistema de puesta a tierra
Configuración geométrica
10H12V0I (Configuración definida por el usuario)
Tipo de segmentación
Segmentos de la misma longitud
Longitud total del electrodo de puesta a tierra
338,000 metro(s)
Número de segmentos total
220
Conductores del sistema de puesta a tierra
Horizontales
Verticales
Inclinados
Número
10
12
Radio
15 centímetro(s)
15 centímetro(s)
Profundidad
0 metro(s)
0 metro(s)
Segmentos
10
10
Magnitudes de la falta y el sistema de puesta a tierra
Tiempo de despeje de la falta
0,5 segundo(s)
Corriente descargada a tierra por el sistema
0,21201 Amperio(s)
Sobretensión de tierra (potencial del sistema)
1,00000 Voltio(s)
Resistencia del sistema
4,71666 Ohmio(s)


Perfil de intensidad de corriente del conductor #1
Corriente
Intensidad de corriente (Amperios)
1
0,95
0,9
0,85
0,8
0,75
0,7
0,65
0,6
0,55
0,5
0,45
0,4
0,35
0,3
0,25
0,2
0,15
0,1
0,05
0
0
0,15
0,3
0,45
0,6
0,75
0,9
1,05
1,2
1,35
1,5
1,65
1,8
1,95
2,1
2,25
2,4
2,55
2,7
2,85
3
Distancia desde el origen del conductor (metros)


Perfiles de tensión
Potencial
Tensión de contacto
Tensión de paso
Potencial de tierra
Tensión de contacto tolerable
Tensión de paso tolerable
Tensión (Voltios)
1
0,95
0,9
0,85
0,8
0,75
0,7
0,65
0,6
0,55
0,5
0,45
0,4
0,35
0,3
0,25
0,2
0,15
0,1
0,05
0
0
Distancia desde el origen del perfil (metros)


Superficie 3D de potencial
Potencial (Voltios)
2
1,9
1,8
1,7
1,6
1,5
1,4
1,3
1,2
1,1
1
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
-9
7,2
X (metros)
2,4
0,6
-1,2
-3
Y (metros)
1,9-2
1,8-1,9
1,7-1,8
1,6-1,7
1,5-1,6
1,4-1,5
1,3-1,4
1,2-1,3
1,1-1,2
1-1,1
0,9-1
0,8-0,9
0,7-0,8
0,6-0,7
0,5-0,6
0,4-0,5
0,3-0,4
0,2-0,3
0,1-0,2
0-0,1


Superficie 3D de tensión de contacto
Tensión de contacto (Voltios)
1
0,95
0,9
0,85
0,8
0,75
0,7
0,65
0,6
0,55
0,5
0,45
0,4
0,35
0,3
0,25
0,2
0,15
0,1
0,05
0
-9
7,2
X (metros)
2,4
0,6
-1,2
-3
Y (metros)
0,95-1
0,9-0,95
0,85-0,9
0,8-0,85
0,75-0,8
0,7-0,75
0,65-0,7
0,6-0,65
0,55-0,6
0,5-0,55
0,45-0,5
0,4-0,45
0,35-0,4
0,3-0,35
0,25-0,3
0,2-0,25
0,15-0,2
0,1-0,15
0,05-0,1
0-0,05


Superficie 3D de tensión de paso
Tensión de paso (Voltios)
2
1,9
1,8
1,7
1,6
1,5
1,4
1,3
1,2
1,1
1
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
-9
7,2
X (metros)
2,4
0,6
-1,2
-3
Y (metros)
1,9-2
1,8-1,9
1,7-1,8
1,6-1,7
1,5-1,6
1,4-1,5
1,3-1,4
1,2-1,3
1,1-1,2
1-1,1
0,9-1
0,8-0,9
0,7-0,8
0,6-0,7
0,5-0,6
0,4-0,5
0,3-0,4
0,2-0,3
0,1-0,2
0-0,1

Informe de resultados del sistema de puesta a tierra

Proyecto APTOS CASA DE LA CULTURA
Configuración SIN CONFIGURACIÓN

Características del terreno

Modelo de terreno	UNIFORME
Resistividad de modelo uniforme	130,843678997555 Ohmios-metro
Resistividad de la capa superior	
Resistividad de la capa inferior	
Espesor de la capa superior	
Factor de reflexión	

Configuración geométrica

Clave	8H8V0I (CONFIGURACIÓN DEFINIDA POR EL USUARIO)
Número de conductores horizontales	10
Número de conductores verticales	12
Número de conductores inclinados	0
Longitud total del electrodo activo	47,200 metros
Longitud total del electrodo pasivo	0,000 metros

Nº/T/H	X (metros)		Y (metros)		Z (metros)		Radio	Longitud	Ángulo (º)	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	(centímetros)	(metros)	X	Z
1/A/S	0,0000	3,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0150	3,0000	0,00	
2/A/S	3,0000	6,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0150	3,0000	0,00	
3/A/S	6,0000	9,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0150	3,0000	0,00	
4/A/S	9,0000	9,0000	0,0000	3,0000	0,0000	0,0000	0,0150	3,0000	90,00	
5/A/S	9,0000	6,0000	3,0000	3,0000	0,0000	0,0000	0,0150	3,0000	180,00	
6/A/S	6,0000	3,0000	3,0000	3,0000	0,0000	0,0000	0,0150	3,0000	180,00	
7/A/S	3,0000	0,0000	3,0000	3,0000	0,0000	0,0000	0,0150	3,0000	180,00	

8/A/S	0,0000	0,0000	3,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0150	3,0000	270,00
9/A/S	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	2,9000	0,0150	2,9000	90,00
10/A/S	3,0000	3,0000	0,0000	0,0000	0,0000	2,9000	0,0150	2,9000	90,00
11/A/S	6,0000	6,0000	0,0000	0,0000	0,0000	2,9000	0,0150	2,9000	90,00
12/A/S	9,0000	9,0000	0,0000	0,0000	0,0000	2,9000	0,0150	2,9000	90,00
13/A/S	9,0000	9,0000	3,0000	3,0000	0,0000	2,9000	0,0150	2,9000	90,00
14/A/S	6,0000	6,0000	3,0000	3,0000	0,0000	2,9000	0,0150	2,9000	90,00
15/A/S	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	0,0000	2,9000	0,0150	2,9000	90,00
16/A/S	0,0000	0,0000	3,0000	3,0000	0,0000	2,9000	0,0150	2,9000	90,00

Segmentación

Tipo de segmentación	SEGMENTOS DE LA MISMA LONGITUD EN CADA CONDUCTOR
Número total de segmentos	160
Segmentos por conductor horizontal	10
Segmentos por conductor vertical	10
Segmentos por conductor inclinado	0

Magnitudes del sistema

Intensidad a disipar	0,09277 Amperios
Sobretensión de tierra en el electrodo	1,00000 Voltios (activo) / No hay electrodo pasivo
Resistencia de puesta a tierra	**6,7283 Ohmios**

Seguridad

Método de cálculo de tensiones máximas	IEEE STD 80-2000

Tiempo de despeje de la falta	0,5 segundos
Capa superficial de alta resistividad	SÍ
Resistividad de la capa superficial	3000 Ohmios-metro
Espesor de la capa superficial	15 centímetros
Peso estimado para cálculo de tensiones	70 kilogramos
Factor de corrección	0,779295667615197
Máxima tensión de paso admisible (SOBRETENSIÓN = 1)	NO APLICABLE EN CÁLCULOS POR UNIDAD
Máxima tensión de contacto admisible (SOBRETENSIÓN = 1)	NO APLICABLE EN CÁLCULOS POR UNIDAD

ANEXO I

RECOMENDACIONES DE COMPORTAMIENTO FRENTE A RAYOS

16. RECOMENDACIONES DE COMPORTAMIENTO FRENTE A RAYOS

Para prevenir accidentes con rayos, es conveniente tener en cuenta las siguientes recomendaciones, en caso de presentarse una tormenta:

a. A menos que sea absolutamente necesario no salga al exterior ni permanezca a la intemperie.

b. Busque refugio en estructuras que ofrezcan protección contra el rayo, tales como:

● Edificaciones bajas que no tengan puntos sobresalientes.
● Viviendas y edificaciones con un sistema adecuado de protección contra rayos.
● Refugios subterráneos.
● Automóviles y otros vehículos cerrados, con carrocería metálica

c. De ser posible, evite los siguientes lugares, que ofrecen poca o ninguna protección:

● Bajo los árboles con mayor riesgo de impacto de rayos, es decir, los más altos.
● Campos deportivos abiertos.
● Tiendas de campaña y refugios temporales en zonas despobladas.
● Vehículos descubiertos o no metálicos.
● Torres de comunicaciones o de energía eléctrica.

d. En los siguientes lugares extreme precauciones:

● Terrazas de edificios.
● Terrenos deportivos y campo abierto.
● Piscinas y lagos.
● Cercanías de líneas eléctricas, cables aéreos, cercas ganaderas, mallas eslabonadas, vías de ferrocarril y tendederos de ropa.
● Árboles aislados.
● Torres metálicas (de comunicaciones, de líneas de alta tensión, de perforación, etc.).

e. Si debe permanecer en un lugar con alta densidad de rayos a tierra:

● Busque zonas bajas.
● Busque zonas pobladas de árboles, pero evitando árboles aislados.
● Busque edificaciones y refugios seguros.
● Si tiene que escoger entre una ladera y el filo de una colina, sitúese en el filo.

f. Si se encuentra aislado en una zona donde se esté presentando una tormenta eléctrica:

- No se acueste sobre el suelo.
- Junte los pies.
- Adopte la posición de cuclillas.
- No coloque las manos sobre el suelo.
- No se escampe bajo un árbol.

g. Atienda las señales de alarma y siga las órdenes que impartan los brigadistas de emergencias, cuando se cuente con detectores de tormentas.

h. Desconecte los equipos electrónicos que no posean dispositivos de protección contra rayos.

ANEXO J

CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL DPS

16.1. PROCESO DE SELECCIÓN DE DPS

Muchas veces escucho: *Que DPS recomienda si tengo un transformador de...? con que DPS protejo una UPS de xx kVA?; es necesario instalar DPS para proteger un servidor?*, entre otras preguntas similares. Este tipo de comentarios demuestra que en el mercado existe una confusión sobre la
manera como se producen los transientes y cómo debe escogerse una protección contra estos fenómenos. Es por esta razón que ponemos a disposición del público el siguiente documento explicativo.

16.2. FORMAS DE ONDA

Los transientes se generan básicamente de 3 formas:
1. Por descargas atmosféricas (rayos)
2. Por operación de los swiches de las redes de distribución
3. Por operación de las cargas de las empresas: Básicamente por la operación de los motores.

Los transientes generados por las descargas atmosféricas se caracterizan por tener una forma de onda 10/350. Esto significa que se demoran 10us (us = microsegundos) en alcanzar su amplitud Máxima y 350 us en alcanzar la mitad de su amplitud máxima. Es la onda verde en la Figura 1.
Figura 1

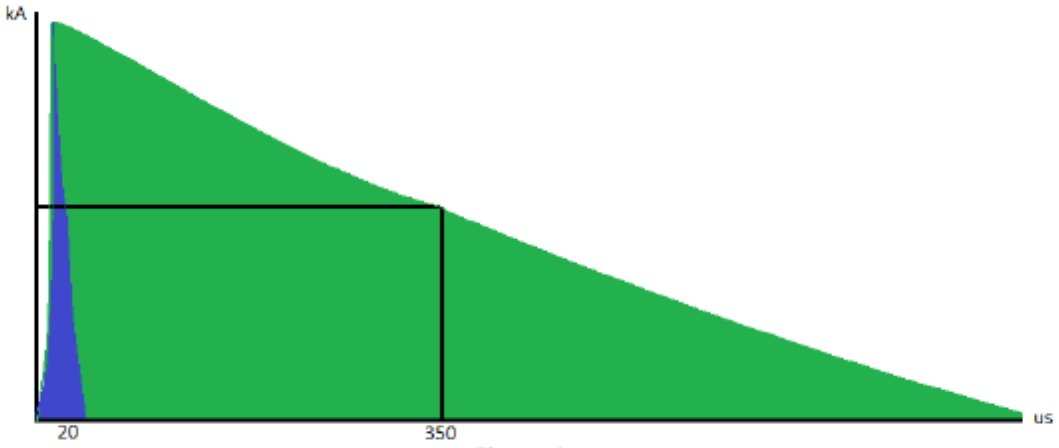


Figura 1

Los transientes generados por las redes de distribución y las cargas como motores se caracterizan por Ser de la forma de onda 8/20: se demoran 8 microsegundos en alcanzar la amplitud máxima y 20 Microsegundos en regresar a la mitad de su amplitud.
Como se puede observar en la Figura 1, los transientes con forma de onda 10/350 contienen mucha más energía que el transiente con forma de onda 8/20.

¿Porque es importante esta información? Existen dos tipos de DPS en el mercado: Los que están Certificados bajo norma UL y los que están certificados bajo norma IEC o EN (se reconoce por tener sello CE). Los equipos bajo norma UL son probados con formas de onda 8/20, mientras que los equipos IEC ó EN son probados bajo norma 10/350 y 8/20 dependiendo de la aplicación. Esto no significa que unos equipos sean mejores que otros, sino que a la hora de comparar equipos es necesario saber bajo que norma está probado cada uno. La comparación entre equipos certificados bajo distintas normas puede hacerse de la siguiente manera:
Teóricamente, al comparar los contenidos de energía de las dos formas de onda se establece que un DPS probado con forma de 8/20 soporta de forma segura:

I8/20 = I10/350 / 17.5

Esto significa que un equipo con certificación CE que soporta 10kA por fase (o sea 10kA 10/350) es equivalente a un equipo con certificación UL que soporta 175kA por fase (o sea 175kA 8/20).
Sin embargo, en pruebas de laboratorio se ha logrado establecer que un DPS probado con norma UL puede soportar corrientes de hasta:

I8/20 = I10/350 / 10

Para trabajar dentro de un rango práctico y seguro se asume que: **I**8/20 = **I10/350 / 12**
La Tabla 1 muestra las equivalencias entre equipos probados con distintas formas de onda. Una vez se establezca la necesidad de protección en kA, la tabla permite escoger el DPS correcto independiente de la norma bajo la cual se ha probado y certificado. Los valores están expresados en kA.

Tabla 1

EQUIVALENCIA	
10/350	**8/20**
50	600
25	300
12,5	150
8,3	100
4,2	50

Tabla 1

17. PRIMERA CAUSA DE TRANSIENTES: DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Con base en el estándar IEC 62305, las observaciones del CIGRE (International Council on Large Electric Systems), y otros Documentos especializados, se puede definir las siguientes probabilidades de ocurrencia de las magnitudes de descargas atmosféricas especificadas en la Tabla 1. La tabla establece que solo el 1% de los rayos tienen una magnitud superior a 200kA. El 98% de los rayos son inferiores a 100kA y el 95% son inferiores a
60kA. Estos rayos tienen una forma de onda 10/350.
Si se multiplica la probabilidad por la cantidad de rayos esperada en una zona se puede establecer la cantidad de rayos de cada magnitud que impactará en dicha zona. Dicha

cantidad se conoce como Densidad de Descargas a Tierra (DDT) y expresa la cantidad de rayos que se generan en un área de 1km 2 en un año. Por ejemplo: La DDT de Medellín, Colombia, se establece en el Anteproyecto de la NTC, página 37, en 1 rayo por km2 por año. Con este dato podemos calcular la cantidad y magnitud de rayos que caerán en 1 km2 para cierta cantidad de años: De acuerdo a la tabla, en 1 año en Medellín
puede caer un rayo de máximo 30kA porkm2. En 10 años es probable que caiga un rayo de 60kA. En 20 años es probable que caiga un rayo cercano a los 80kA.
NOTA: Para Medellín es un dato conservador dado que otros cálculos
Establecen la DDT en 3.78 rayos/km2/año El Bagre, en Antioquia, es una región con una DDT alta, igual a 12 rayos/km2/año. Haciendo el mismo ejercicio que se hizo para Medellín obtenemos que en un periodo de 5 años es probable un rayo de 150kA.

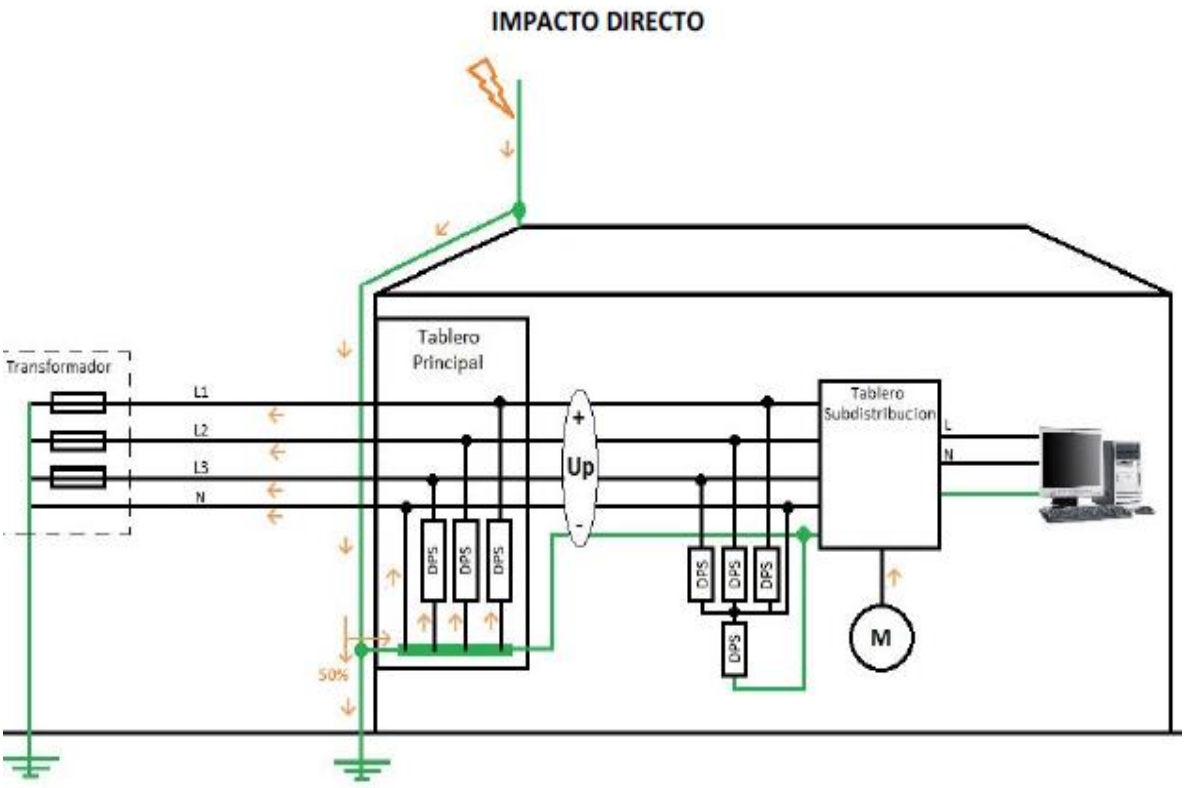
PROBABILIDAD	MAGNITUD kA
1%	200
1%	150
1%	100
2%	80
15%	60
30%	50
50%	< 30

PROB	MAGNITUD kA	MEDELLÍN (AÑOS)				
		1	5	10	15	20
1%	200	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2
1%	150	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2
1%	100	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2
2%	80	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4
15%	60	0,2	0,8	1,5	2,3	3,0
30%	50	0,3	1,5	3,0	4,5	6,0
50%	< 30	0,5	2,5	5,0	7,5	10,0

PROB	MAGNITUD kA	EL BAGRE (AÑOS)				
		1	5	10	15	20
1%	200	0,1	0,6	1,2	1,8	2,4
1%	150	0,1	0,6	1,2	1,8	2,4
1%	100	0,1	0,6	1,2	1,8	2,4
2%	80	0,2	1,2	2,4	3,6	4,8
15%	60	1,8	9,0	18,0	27,0	36,0
30%	50	3,6	18,0	36,0	54,0	72,0
50%	< 30	6,0	30,0	60,0	90,0	120,0

Una vez se establece la cantidad de rayos y su magnitud en un sitio específico es necesario definir como se generan los transientes y fluyen las corrientes de rayo para diferentes

escenarios: Impactos directos en sistema de apantallamiento, Impactos directos en líneas de distribución, Impactos lejanos.



18. IMPACTO DIRECTO

Las estructuras con protección externa contra el rayo son las que presentan mayor vulnerabilidad a daños por transientes. De acuerdo al estándar IEC 61643-12 anexo I-1-2, cuando un rayo impacto directamente su corriente se distribuye de la siguiente manera: 50% a tierra y 50% a la red eléctrica.

Este 50% se distribuirá por los conductores de forma equitativa, lo que implica una corriente del 12.5% de la magnitud del rayo por cada conductor. Ejemplo: Si un rayo de 100kA impacta directamente, 50kA ingresarán a la red eléctrica, y cada conductor llevará 12.5kA. De esta manera sabemos que es necesario que el DPS soporte transientes de 12.5kA por fase con forma de onda

10/350, lo que equivale a 150kA por fase en forma de onda 8/20.

Con la información anterior se puede generar tablas que permitan definir las corrientes esperadas dependiendo de la probabilidad, la densidad de descargas a tierra (DDT) y el número de años que debe trabajar el DPS.

Magnitud Rayo	Transiente en la red eléctrica	Corriente x polo del DPS	
		10/350	8/20
200	100	25,0	300
150	75	18,8	225
100	50	12,5	150
80	40	10,0	120
60	30	7,5	90
50	25	6,3	75
40	20	5,0	60
30	15	3,8	45

PROB	MAGNITUD kA	MEDELLIN (años)		
		5	10	20
1%	200	0,1	0,1	0,2
1%	150	0,1	0,1	0,2
1%	100	0,1	0,1	0,2
2%	80	0,1	0,2	0,4
15%	60	0,8	1,5	3,0
30%	50	1,5	3,0	6,0
50%	< 30	2,5	5,0	10,0

Para la ciudad de Medellín se espera que el rayo de mayor magnitud no supere los 60kA en un lapso de 5 años por lo que se debe instalar un DPS que soporte 7.5kA por polo (7kA es el más cercano comercialmente). Para un lapso de 20 años es probable que ocurra una descarga de magnitud cercana a 80kA, por lo que debemos instalar un DPS de 10kA por polo (12kA es el más cercano comercialmente).

Los protectores utilizados como primera barrera de protección se conocen como Tipo 1. Son probados con corrientes con formas de onda 10/350 de 4kA, 7kA, 12kA, 25kA, 50kA ó 100kA. Son basados en Vías de Chispas las cuales actúan como un cortocircuito en la presencia de transientes y como circuito abierto en condiciones normales. Cuando el transiente circula a través del DPS se genera un voltaje entre los terminales del DPS conocido como Nivel de Protección (Up). La norma establece que los DPS tipo 1 no deben tener un valor de Up superior a 2.5kV en sistemas 120/208 (120/240) y 4kV en sistemas 220/380 - 277/480.

Ese nivel de protección Up se considera una sobretensión que viajará hacia los tableros de distribución. Además estos tableros de distribución recibirán los transientes causados por la operación de los motores. Es por esta razón que es necesario instalar un segundo nivel de protección en los tableros de distribución. Estos DPS se conocen como Tipo 2, están probados con formas de onda 8/20 y están basados en Varistores con alta capacidad de manejo de corriente y bajo voltaje residual. La norma establece que un DPS Tipo 2 debe tener un valor Up inferior a 1.5kV en sistemas 120/208 (120/240) y 2.5kV en sistemas 220/380 - 277/480. Se recomienda que estos DPS tengan capacidad de descarga máxima de 40kA por polo, con forma de onda 8/20.

La instalación de un tercer DPS cerca a los equipos electrónicos no siempre es necesaria. Todo equipo electrónico con certificación CE soporta transientes de hasta 0.8kV en sistemas 120/208 (120/240) y 1.5kV en sistemas 220/380 - 277/480. Los DPS de 40kA por polo normalmente tienen un Up < 0.7kV, razón por la cual el transiente ha sido controlado de forma segura. Cuando la electrónica es muy sensible o se encuentra alejada del DPS Tipo 2 (> 10mt) se recomienda la instalación de un DPS Tipo 3.

Estos DPS se prueban con transientes combinados formados por sobrevoltajes transitorios 1.2/50 y sobre corrientes transitorias 8/20, y tienen Niveles de protección inferiores a 600V a 10kA.

19. DPS SELECCIONADO

Descargador de sobretensiones Tipo 1+2 usados en:

- Entradas de servicios eléctricos en sitios CON apantallamiento externo, para proteger contra descargas directas de rayo, sobretensiones inducidas y operaciones de conmutación de la red eléctrica.
- Combinan gran capacidad de protección con un Nivel de Protección excelente (< 600V).

Corriente de rayo 10/350	**I_{imp}**	**7kA**

Corriente nominal 8/20	**I_n**	**30 kA**

Corriente máxima 8/20	**I_{max}**	**60 kA**

Referencias	**Voltaje Nominal U_n**	**MCOV U_c**	**Usos Posibles**			**VPR**	**Voltaje de Protección U_p**
FV30B+C/1-150S	L-N = 120V L-T = 120V L-L = 240V	150V L-L = 300V	L-N	L-T	N-T	< 300V @ 3kA	< 600V
FV30B+C/2-150S			L-N-T	2L-N	2L-T		
FV30B+C/3-150S			2L-N-T	3L-N	3L-T		
FV30B+C/4-150S			3L-N-T				
FV30B+C/1-320S	L-N = 220/277V L-T = 220/277V L-L = 440/480V	320V L-L = 640V	L-N	L-T	N-T	< 600V @ 3kA	< 1.800V
FV30B+C/2-320S			L-N-T	2L-N	2L-T		
FV30B+C/3-320S			2L-N-T	3L-N	3L-T		
FV30B+C/4-320S			3L-N-T				

Deberá quedar instalado en el gabinete principal de medida y protección.

ANEXO K

MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

20. MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA

Los componentes del sistema de puesta a tierra tienden a perder su efectividad después de unos años, debido a corrosión, fallas eléctricas, daños mecánicos e impactos de rayos. Los trabajos de inspección y mantenimiento deben garantizar una continua actualización del SPT para el cumplimiento del RETIE. Si una inspección muestra que se requieren reparaciones, estas deben ser realizadas sin retraso y no ser pospuestas hasta el próximo ciclo de mantenimiento. La inspección debe hacerse por un especialista en el tema, el cual debe entregar registros de lo observado, dicha inspección incluye la verificación de la documentación técnica, reportes visuales, pruebas y registros. Todo SPT debe ser inspeccionado de acuerdo con la Tabla 15.5.

Nivel de tensión de la instalación	Inspección visual (años)	Inspección visual y mediciones (años)	Sistemas críticos (1) Inspección visual y mediciones (años)
Baja	1	5	1
Media	3	6	1
Alta y extra alta	2	4	1

Tabla 15.5. Máximo período entre mantenimientos de un SPT (Tomada del RETIE)

(1) Los sistemas críticos deben ser definidos por cada empresa o usuario.

Los intervalos de la anterior tabla pueden variar, según condiciones climáticas locales, fallas que comprometan la integridad del SPT, normas de seguridad industrial, exigencias de compañías de seguros, procedimientos o regulaciones técnicas de empresa.

20.1 PRUEBAS: Las pruebas que deben realizarse como parte de inspección son:

a. Realizar ensayos de equipotencialidad.

b. Medir resistencia de puesta a tierra. Los resultados deben quedar consignados en los reportes de inspección.

c. Medir corrientes espurias o de modo común.

20.2 REGISTROS: La inspección del SPT debe documentar y evidenciar mediante registros, como mínimo la siguiente información:

a. Condiciones generales de los conductores del sistema.

b. Nivel de corrosión.

c. Estado de las uniones de los conductores y componentes.

d. Valores de resistencia.

e. Desviaciones de los requisitos respecto del RETIE.

f. Documentar todos los cambios frente a la última inspección.

g. Resultados de las pruebas realizadas.

h. Registro fotográfico

i. Rediseño o propuesta de mejoras del SPT si se requieren

21. REFERENCIAS

- *NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 4552 – 1: Principios generales*
- *NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 4552 – 2: Manejo del riesgo*
- *NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 4552 – 3: Daños físicos a estructuras y amenazas a la vida*
- *REGLAMENTO TECNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS RETIE resolución 9 0795 del 25 de julio de 2014*
- *NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC – 2050*

Realizo



RAFAEL BEDOYA
Ingeniero Electricista
M.P N° AN 205 - 86897