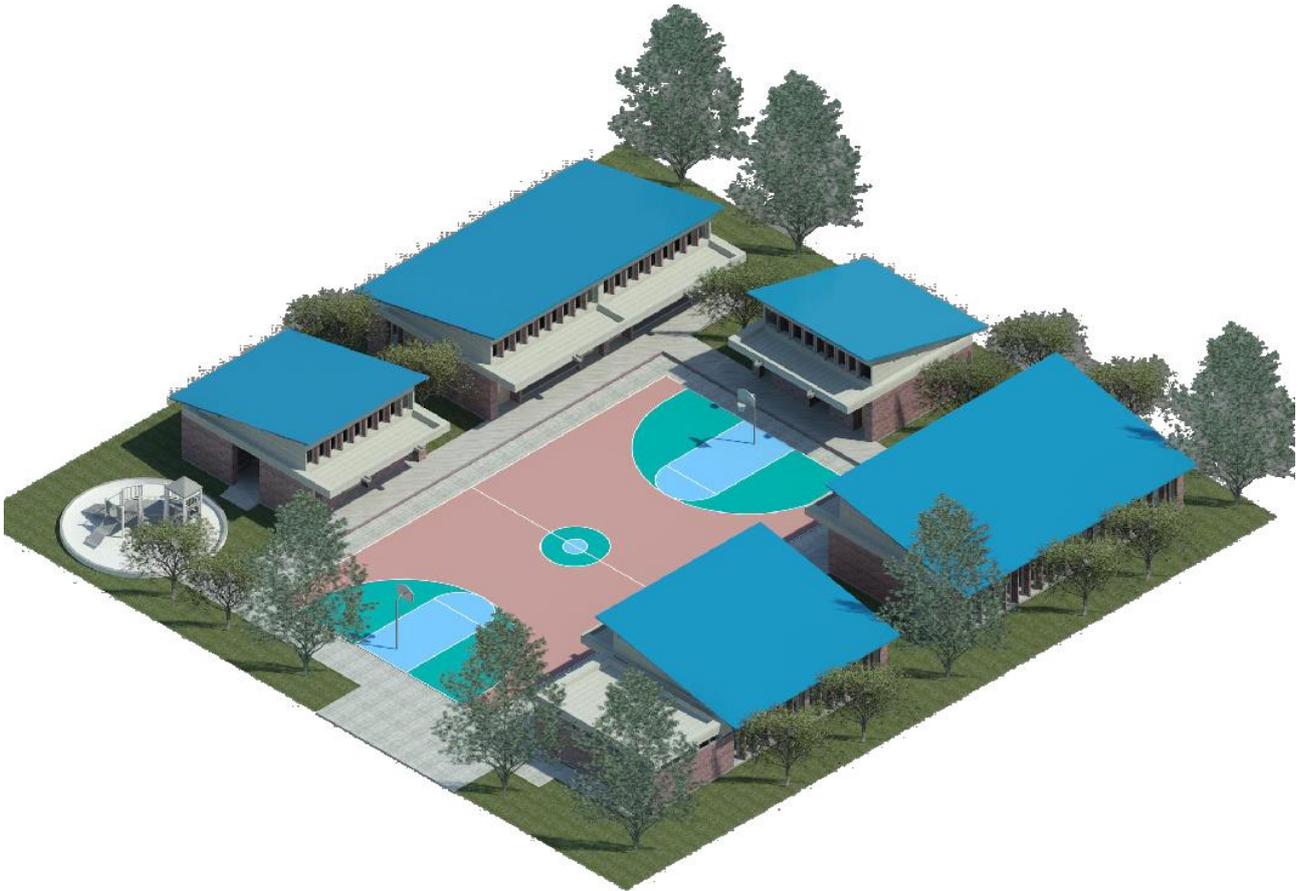


DISEÑO ELÉCTRICO PROTOTIPOS COLEGIO FONADE

DISEÑO DE REDES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN



MEMORIAS DE CÁLCULO

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Luis Ricardo Granados Alarcon'.

DISEÑO: ING. LUIS RICARDO GRANADOS ALARCON
INGENIERO ELECTRICISTA
M.P. CN 205 – 6576

FECHA: ABRIL DE 2017

CONTENIDO

- 1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**
- 2. ANÁLISIS DE CARGA**
- 3. DISEÑO DETALLADO SEGÚN RETIE 2013 ARTÍCULO 10 "REQUERIMIENTOS GENERALES DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS"**
- 4. DIMENSIONAMIENTO DE BARRAJES**
- 5. MEDIDORES DE ENERGIA**

DISEÑO ELÉCTRICO

PROTOTIPOS COLEGIO FONADE

DISEÑO DE REDES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El diseño se realiza para alimentar las cargas eléctricas correspondientes al proyecto, prototipos colegio FONADE

2. ANÁLISIS DE CARGA

2.1 DATOS BÁSICOS

VOLTAJE SOLICITADO	208/120V DOS FASES VERIFICAR CON EL OPERADOR DE RED
CUENTAS BIFASICAS	1
CARGA INSTALADA	30.55kVA
CARGA DEMANDADA	24.19kVA
ACOMETIDA EN BAJA TENSIÓN MÁXIMA CAÍDA DE TENSIÓN	SUBTERRANEA 2.1%

3.0 DISEÑO DETALLADO SEGÚN RETIE 2013 ARTÍCULO 10 "REQUERIMIENTOS GENERALES DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS"

(a) Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.

Se asume que el operador de red asignara conexión a un nivel de tensión en baja tensión 208-120V trifásico tetrafilar, verificar con operador de red punto de conexión y parámetros de tensión

VER ANEXO 1 CUADROS DE CARGA
VER ANEXO 2 CALCULO T-GEN

(b) Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico

Se asume que el operador de red asignara conexión a un nivel de tensión en baja tensión 208-120V trifásico tetrafilar, verificar con operador de red punto de conexión y parámetros de tensión

El aislamiento de las redes de distribución se seleccionará, según los niveles de tensión del operador de red, la cual especifica los siguientes valores:

Nivel: 208-120V

Aislamiento: Todos los materiales y equipos se seleccionaron para 600V

BIL: 95kV

(c) Análisis de cortocircuito y falla a tierra.

Se asume que el operador de red asignara conexión a un nivel de tensión en baja tensión 208-120V trifásico tetrafilar, verificar con operador de red punto de conexión y parámetros de tensión

Para el proyecto no se plantea el montaje de subestación o redes de media tensión es un proyecto en baja tensión por lo tanto no aplica este numeral

(d) Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos

Se relizan los analisis de riesgo contra descargas atmosfericas con el proposito de determinar el riesgo de perdidas en caso de presentarse una descarga atmosferica en la estructura

Evaluación del nivel de riesgo ante descargas atmosféricas

(Normas IEC 62305-1, IEC 62305-2, IEC 62305-3)

Las descargas eléctricas atmosféricas no se pueden evitar pero existen medidas para ejercer un control que ofrezca seguridad a las personas y a los equipos eléctricos y electrónicos. Por lo tanto las precauciones de protección apuntan hacia los efectos secundarios y a las consecuencias de una descarga eléctrica atmosférica a tierra.

El sistema de puesta a tierra es un elemento fundamental del sistema de protección contra rayos a tierra; dentro de la protección externa su propósito es hacer posible la descarga y dispersión de las elevadas corrientes del rayo hacia la tierra a través de un elemento conductor enterrado en el suelo, sin causar sobretensiones peligrosas tanto para las personas como para los equipos. La protección interna sirve como referencia de tensión para los equipos y para disipar las corrientes de sobretensiones, derivadas por los dispositivos de protección interna.

Evaluación del nivel de riesgo ante descargas atmosféricas

El presente documento tiene como fin presentar la valoración del nivel de riesgo contra descargas atmosféricas para las instalaciones del proyecto, PROTOTIPOS COLEGIO FONADE

Las descargas eléctricas atmosféricas son un fenómeno natural que varia con el tiempo y el espacio, aunque no existen actualmente medios para evitarlos, si se pueden implementar sistemas para mitigar considerablemente sus efectos. Los rayos que impacten en estructuras, acometidas de servicios domiciliarios o cerca del suelo, son peligrosos para las personas, los centros de reunión, trabajo u hogares y en general para las instalaciones afectando su contenido. Por lo tanto se deben aplicar medio de protección adecuados contra rayos.

La necesidad de implementar un sistema de protección, las ventajas económicas de la instalación de un sistema de protección y la selección de las medidas y sistemas de protección adecuadas se deben

determinar en términos del manejo del nivel de riesgo existente en la estructura a proteger. El método de evaluación y manejo del riesgo contra descargas atmosféricas se expone en la norma **IEC 62305-2**

La mayor incidencia de rayos en el mundo se da principalmente en América tropical, África Central y el norte de Australia, Colombia se encuentra situada en la zona de confluencia intertropical por lo cual presenta una de las actividades cerámicas más altas del planeta. Por este motivo es de vital importancia contar con formas de protección contra este fenómeno.

El sistema integral de protección contra descargas atmosféricas estará compuesto por los siguientes elementos:

- Sistema de protección externo
- Sistema de protección interno

La metodología de cálculo del nivel de riesgo permitirá determinar cuáles de los elementos anteriores deberá comprender el sistema de protección a implementar en cada caso.

Teniendo en cuenta estas consideraciones a continuación se presenta la valoración del nivel de riesgo para las instalaciones del proyecto en referencia.

Características generales de la estructura

El estudio a efectuar contempla la evaluación del nivel de riesgo para una estructura destinada a la enseñanza e instrucción de estudiantes pertenecientes al PROTOTIPO COLEGIOS FONADE, cuyas características, condiciones y parámetros generales se resumen a continuación:

Nombre del proyecto: PROTOTIPOS COLEGIOS FONADE

Ubicación del proyecto: SEGÚN PROYECTO

Tipo de estructura: Centro de educación

Altura H: 5m

Ancho W: 45 m

Largo L: 45 m

Estructuras adyacentes: ninguna

Factor de localización Dc: objeto con estructuras cercanas

Acometida de servicio: Energía mediante red subterránea

Factor ambiental Cs: ambiente urbano

Evaluación del número anual n de eventos peligrosos

El número anual N de descargas que afectan un objeto a ser protegido depende de la actividad atmosférica de la región donde se localiza la estructura y de sus características físicas. Generalmente se acepta que este número es el producto de la densidad de rayos a tierra por el área efectiva del elemento a ser protegido por un factor de corrección.

Calculo de la DDT

El nivel cerámico (NC), se evalúa de acuerdo con las curvas de nivel del mapa Colombiano de niveles cerámicos, elaborado por el convenio entre la Universidad Nacional de Colombia y el HIMAT, el valor DDT se muestra en la Densidad de Descargas a Tierra de las principales ciudades y Poblaciones de Colombia, de acuerdo a la Tabla A.6 NTC 4552-1 1999, para nuestro caso de estudio el valor DDT se tomó 9, verificar según sitio del proyecto.

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

Evaluación inicial

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación inicial de riesgo realizada a la estructura.

EVALUACION INICIAL

IEC Risk Assessment Calculator - Project: COLEGIO FONADE EVALUACION SIN SPRA

Archivo Opciones Librería Ayuda

Dimensiones de la estructura:

Longitud de la estructura (m): 45

Anchura de la estructura (m): 45

Altura del plano del tejado (m)*: 5

Altura del mayor saliente del tejado (m)*: 5

* Medido desde la tierra

Área de colección (m2): 5.432 m2

Características de la estructura:

Riesgo de incendio y daños físicos: Bajo

Eficacia del apantallamiento: Escasa

Tipo de cableado interno: No apantallado

Influencias ambientales:

Situación respecto a los alrededores: Estructura aislada

Factor ambiental: Rural

Nº de días de tormenta: 90 days/year

Densidad anual equivalente de rayos: 9,0 flashes/km2

Ver mapa isocerámico: Ver Mapa

Líneas de conducción eléctrica:

Línea eléctrica:

Línea que llega a la estructura: Cable aéreo

Tipo de cable externo: No apantallado

Existencia de transformador MT/BT: Sin transformador

Otros servicios aéreos:

Número de servicios conducidos: 0

Tipo de cable externo: No apantallado

Otros servicios enterrados:

Número de servicios conducidos: 0

Tipo de cable externo: No apantallado

Medidas de protección:

Clase de SPCR: Sin SPCR

Protección contra incendios: Sin medidas

Protección contra sobretensiones: Sin protección

Tipos de las pérdidas:

Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:

Riesgos especiales para la vida: Riesgo de pánico medio

Por incendios: Comercios, colegios, ...

Por sobretensiones: No aplica

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:

Por incendios: No hay servicios esenciales

Por sobretensiones: No hay servicios esenciales

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:

Por incendios: Sin valor histórico

Tipo 4 - Pérdidas económicas:

Riesgos económicos especiales: Sin riesgos especiales

Por incendios: Oficina, escuela

Por sobretensiones: Museo, escuela

Por tensión de paso/contacto: Sin riesgo de shock

Riesgo tolerable de pérd. económ.: 1 en 1000 años

Riesgos calculados:

	Riesgo aceptable (D)		Riesgo imp. directa (D)		Riesgo imp. indirecta (D)		Riesgo total (D)
Pérdidas de vidas humanas:	1,00E-05	=>	1,23E-05	+	8,01E-05	=	9,24E-05
Pérdidas de serv. públicos:	1,00E-03	=>	0,00E+00	+	0,00E+00	=	0,00E+00
Pérdidas de patrimonio:	1,00E-03	=>	0,00E+00	+	0,00E+00	=	0,00E+00
Pérdidas económicas:	1,00E-03	=>	5,87E-05	+	1,12E-02	=	1,13E-02

IEC

Este cálculo del índice de riesgo de IEC pretende orientar en el análisis de diversos criterios que determinan el riesgo de pérdidas debidas al rayo. No es posible cubrir todos los elementos especiales de una estructura que puedan hacer que sufra más o menos daños debidos al rayo. En casos especiales hay factores económicos y personales que podrían ser muy importantes y considerarse junto con el índice obtenido mediante esta herramienta. Se pretende que este

Cálculos

Please register so we can keep you updated - see Help menu ...

Project: COLEGIO FONADE EVALUACION SIN SPRA | Toolset: ON | Database: v1.0.3 | Map: SPANISH | 03/04/2017

88:35 a.m. 03/04/2017



**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
62305-2**
Edition-1
2005-01

Project: COLEGIO FONADE EVALUACION SIN SIPRA

Dimensiones de la estructura:

Longitud de la estructura (m): 45
Anchura de la estructura (m): 45
Altura del plano del tejado (m)*: 7
Área de colección (m2): 5.432 m2

Características de la estructura:

Riesgo de incendio y daños físicos: Bajo
Eficacia del apantallamiento: Escasa
Tipo de cableado interno: No apantallado

Influencias ambientales:

Situación respecto a los alrededores: Estructura aislada
Factor ambiental Rural
Nº de días de tormenta: 90 days/year
Densidad anual equivalente de rayos 9,0 flashes/km2

Medidas de protección:

Clase de SPCR: Sin SPCR
Protección contra incendios: Sin medidas
Protección contra sobretensiones: Sin protección

Líneas de conducción eléctrica:

Línea eléctrica:

Línea que llega a la estructura: Cable aéreo
Tipo de cable externo: No apantallado
Existencia de transformador MT/BT: Sin transformador

Otros servicios aéreos:

Número de servicios conducidos: 0
Tipo de cable externo: No apantallado

Otros servicios enterrados:

Número de servicios conducidos: 0
Tipo de cable externo: No apantallado

Tipos de las pérdidas:

Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:

Riesgos especiales para la vida: Riesgo de pánico medio
Por incendios: Comercios, colegios, ...
Por sobretensiones: No aplica

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:

Por incendios: No hay servicios esenciales
Por sobretensiones: No hay servicios esenciales

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:

Por incendios: Sin valor histórico

Tipo 4 - Pérdidas económicas:

Riesgos económicos especiales: Sin riesgos especiales
Por incendios: Oficina, escuela
Por sobretensiones: Museo, escuela
Por tensión de paso/contacto: Sin riesgo de shock
Riesgo tolerable de pérd. económ.: 1 en 1000 años

Riesgos calculados:

	<i>Tolerable Risk Rt</i>	<i>Direct Strike Risk Rd</i>	<i>Indirect Strike Risk Ri</i>	<i>Calculated Risk R</i>
Pérdidas de vidas humanas:	1,00E-05	1,23E-05	8,01E-05	9,24E-05
Pérdidas de serv. públicos:	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pérdidas de patrimonio:	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pérdidas económicas:	1,00E-03	5,87E-05	1,12E-02	1,13E-02

IEC Risk Assessment Calculator: Version 1.0.3

Database: Version 1.0.3

IEC Central Office Support (Tel: +41-22-919 0211)
Copyright © 2005, IEC. All rights reserved.

Este cálculo del índice de riesgo de IEC pretende orientar en el análisis de diversos criterios que determinan el riesgo de pérdidas debidas al rayo. No es posible cubrir todos los elementos especiales de una estructura que puedan hacer que sufra más o menos daños debidos al rayo. En casos especiales hay factores económicos y personales que podrían ser muy importantes y considerarse junto con el índice obtenido mediante esta herramienta. Se pretende que este programa se utilice en combinación con la versión escrita de la norma IEC62305-2.



NORME INTERNATIONALE INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC

62305-2

Edition-1
2005-01

Project: COLEGIO FONADE EVALUACION SIN SIPRA

Resultados del área de colección:

Ad - Área de colección de impactos directos a la estructura	5,432 m2
Nd - número medio de impactos directos a la estructura por año	0,049 flashes/year
Am - Área de colección de la estructura afectada por sobretensiones inducidas por impactos indirectos.	243,375 m2
Nm - núm. de impactos directos a tierra o a objetos cercanos a la estructura conectados a tierra que inducen sobretensiones	2,141 flashes/year
Ac1 - área de colección de las líneas aéreas a impactos directos.	35,460 m2
NL1 - número medio de impactos directos por año a las líneas aéreas que sean potencialmente peligrosos	0,319 flashes/year
AI1 - área de colección de la línea aérea a los impactos indirectos	1,000,000 m2
NI1 - número medio impactos directos anuales a la tierra cercana a la línea aérea que pueda causar daños por sobretensiones	9,000 flashes/year
Ac2 - área de colección de la línea enterrada a impactos directos	22,025 m2
NL2- número esperado de impactos directos anuales a la línea enterrada que sean potencialmente peligrosos	0,198 flashes/year
AI2 - área de colección de la línea enterrada a impactos indirectos.	559,017 m2
NI2 - número de impactos indirectos anuales a la tierra cercana a la línea enterrada que induzcan sobretensiones peligrosas	5,031 flashes/year

Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:

RA1 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a la estructura	4,88E-08
RB1 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura	2,21E-05
RC1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura	0,00E+00
RM1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura	0,00E+00
RU1 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a las líneas	1,9E-07
RV1 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas	8,8E-05
RW1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00
RZ1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas.	0,00E+00

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:

RB2 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura	0,00E+00
RC2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura	0,00E+00
RM2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura	0,00E+00
RV2 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas	0,00E+00
RW2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00
RZ2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas.	0,00E+00

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:

RB3 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura	0,00E+00
RV3 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas	0,00E+00

Tipo 4 - Pérdidas económicas:

RA4 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a la estructura	0,00E+00
RB4 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura	7,08E-06
RC4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura	4,89E-05
RM4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura	1,14E-03
RU4 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a las líneas	0,00E+00
RV4 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas	8,8E-05
RW4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas.	3,19E-04
RZ4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas.	8,68E-03

IEC Risk Assessment Calculator: Version 1.0.3

Database: Version 1.0.3

IEC Central Office Support (Tel: +41-22-919 0211)
Copyright © 2005, IEC. All rights reserved.

Este cálculo del índice de riesgo de IEC pretende orientar en el análisis de diversos criterios que determinan el riesgo de pérdidas debidas al rayo. No es posible cubrir todos los elementos especiales de una estructura que puedan hacer que sufra más o menos daños debidos al rayo. En casos especiales hay factores económicos y personales que podrían ser muy importantes y considerarse junto con el índice obtenido mediante esta herramienta. Se pretende que este programa se utilice en combinación con la versión escrita de la norma IEC62305-2.

Conclusión

De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación de riesgo, se hace necesaria la implementación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas.

A continuación se presentan las medidas y elementos que componen el sistema de protección contra descargas atmosféricas que se deberá implementar.

A. SISTEMA DE PROTECCIÓN EXTERNA

- Utilización de elementos de captación de descargas atmosféricas (Puntas Franklin).
- Sistema conducción de las corrientes eléctricas hacia el sistema de puesta a tierra.
- Sistema de puesta a tierra.

B. SISTEMA DE PROTECCIÓN INTERNA

- Se recomienda la utilización de elementos de protección contra sobre tensiones en forma coordinada, siendo lo ideal, el seguimiento de los lineamientos establecidos por la norma IEC 62305-4 "*Protection against lightning - Part 4: Electrical and electronic systems within structures*"

C. SISTEMA CONTRA INCENDIOS.

- Se deberá implementar un sistema contraincendios compuesto por elementos accionamiento manual.

D. MEDIDAS ADICIONALES.

Debido a las características propias del uso que tiene la estructura en evaluación, se recomienda la creación de una guía de seguridad personal la cual permita a los estudiantes saber qué hacer en caso de tormenta o en una situación de emergencia debida a la caída de un rayo. Esta guía deberá tener como mínimo los siguientes elementos:

- Rutas de evacuación en caso de incendio.
- Avisos de peligro en zonas que se consideren de alto riesgo al momento de presentarse una tormenta eléctrica.
- Protocolo de seguridad en situaciones de tormenta.

DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCION INTEGRAL CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS

Una vez aplicada la metodología de la IEC 62305-2 para la valoración de riesgo de la estructura del proyecto, se procede a la determinación de los requerimientos constructivos y normativos del mismo, siguiendo los lineamientos de la norma IEC 62305-3 "*Protection against lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazard*"

Una protección externa está diseñada para las siguientes funciones:

- Interceptar los impactos directos del rayo a la estructura, utilizando un sistema de captación.
- Conducir la energía del rayo de manera segura hasta la tierra, utilizando un sistema de bajantes.
- Dispersar la energía de la descarga atmosférica dentro del suelo, utilizando un sistema de puesta a tierra.

Una protección interna contra rayos previene de chispas peligrosas dentro de la estructura usando tanto equipotencialización como distancia de separación entre los componentes del SIPRA y otros elementos conductores eléctricos internos de la estructura.

El tipo y ubicación del SIPRA debe estudiarse cuidadosamente en el diseño, para logra un sistema seguro a un mínimo costo. De esta manera se hace más fácil manejar los aspectos estéticos y la efectividad del sistema de protección con un mínimo esfuerzo.

Antes de realizar el diseño del sistema de apantallamiento para una instalación dada se debe efectuar una valoración de riesgo, el propósito de la evaluación del factor de riesgo es establecer la necesidad de utilizar un sistema de protección contra rayos en una estructura dada y determinar si este sistema debe ser integral.

Una vez efectuado este análisis para la estructura del presente proyecto, se determinó que este presenta un nivel de riesgo superior a los límites tolerables, por lo cual requiere tanto de un sistema de protección externo como de un sistema de protección interno.

La valoración del nivel de riesgo para la estructura permite concluir que se requieren medidas para la disminución de los componentes de riesgo para las diferentes pérdidas, estas medidas son:

- Ubicación de terminales de captación (pararrayos)
- Interconexión de los terminales de captación y conexión a un sistema de bajantes
- Las bajantes tienen como fin interconectar el sistema de captación con el sistema de puesta a tierra, por lo tanto son el camino de la corriente de rayo a tierra. El objetivo fundamental de las bajantes es reducir la probabilidad de daño debido a corrientes de rayo fluyendo por el sistema de protección externo, además de garantizar la existencia de varios caminos paralelos para la corriente, con una longitud mínima y garantizando equipotencialidad con todas las partes conductoras.
- Ubicación y construcción de sistemas de puesta a tierra conectados a las bajantes del sistema de captación.
- Determinación de medidas de protección internas consistentes en equipotencialización de los sistemas de tierra y de las componentes conductoras de la estructura y/o instalación de dispositivos de protección contra sobre tensiones DPS en las líneas de las acometidas eléctricas y en la conexión a tierra.

Metodología general de diseño

Para el diseño del sistema de protección externo contra DA se deben seguir los procedimientos especificados en la Norma IEC 62305-3, basados en la aplicación del método electro geométrico. La probabilidad de que una estructura sea penetrada por una corriente de rayo decrece considerablemente por la presencia de un sistema de captación diseñado adecuadamente, por lo cual, los terminales de captación se deben instalar en los puntos sobresalientes, esquinas y bordes de la estructura. Se debe tener en cuenta que los terminales de captación, pararrayos, deben ser varillas metálicas sólidas o tubulares en forma de bayoneta.

Método electro geométrico (esfera rodante)

El método electro geométrico tiene su aplicación en el estudio del apantallamiento que proveen varillas verticales y conductores horizontales a estructuras y líneas de transmisión respectivamente. La principal hipótesis en que se basa el método es que la carga espacial del líder es proporcional a la magnitud de la corriente de la descarga.

Dependiendo del nivel de protección y el radio de la esfera rodante se puede escoger a partir de la Norma IEC 62305-3, capítulo 5 tabla 2

Table 2 – Maximum values of rolling sphere radius, mesh size and protection angle corresponding to the class of LPS

Class of LPS	Protection method		
	Rolling sphere radius r m	Mesh size Π' m	Protection angle α°
I	20	5 × 5	See figure below
II	30	10 × 10	
III	45	15 × 15	
IV	60	20 × 20	

TOMADO DE LA NORMA IEC CAP 5 TABLA 2

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. Según la tabla 4 de la Norma IEC 62305-3, capítulo 5, la separación promedio para los conductores bajantes, serán las siguientes:

Table 4 – Typical values of the distance between down-conductors and between ring conductors according to the class of LPS

Class of LPS	Typical distances m
I	10
II	10
III	15
IV	20

TOMADO DE LA NORMA IEC CAP 5 TABLA 4

Una vez calculada la distancia de impacto se procede a determinar gráficamente la altura mínima de los dispositivos de captación, empleando como metodología la técnica de la esfera rodante.

La técnica de la esfera rodante es un corolario del método electro geométrico y consiste en imaginar una esfera gigante de radio igual a la distancia de impacto del rayo sobre los volúmenes de las estructuras a proteger contra rayos.

Todas las estructuras que la esfera imaginaria logre tocar estarán expuestas al impacto del rayo, por lo tanto el propósito del diseño del apantallamiento y de la ubicación de los terminales de captación es garantizar que la esfera nunca toque en ningún punto a la estructura a proteger sino al sistema de apantallamiento.

Equipotencialización e interconexión de sistemas de puesta a tierra

La equipotencialización se logra mediante la interconexión del sistema de protección contra rayos con las partes metálicas de la estructura, las instalaciones metálicas, las partes metálicas internas y externas conectadas a la estructura y los sistemas eléctricos y electrónicos.

A nivel general se debe interconectar el sistema de puesta a tierra de sistema de protección contra descargas atmosféricas con el sistema de puesta a tierra de potencia ubicado en la subestación eléctrica. Para ello deberá llevarse un pase en cable No 2/0 AWG desnudo desde la caja de interconexión de tierras más próxima a la subestación hasta un punto o nodo de la misma.

Para la instalación del anillo perimetral en la cubierta se utilizará Alambroón de Aluminio de 8 mm.

Las derivaciones en las bajantes serán en cable No 1/0 de cobre desnudo.

Evaluación con SIPRA

Una vez establecidos los elementos que deberán ser incluidos en el SIPRA, se realizó una nueva evaluación de riesgo. A continuación se presentan los resultados obtenidos.

Los resultados demuestran que la implementación de un SIPRA de nivel IV, más la utilización de un esquema de coordinación de DPS, permite que el riesgo alcance valores tolerables y permitidos por la norma.

EVALUACION CON SIPRA

IEC Risk Assessment Calculator Project: COLEGIO FONADE EVALUACION CON SIPRA

Archivo Opciones Librería Ayuda

Dimensiones de la estructura:

Longitud de la estructura (m): 45

Anchura de la estructura (m): 45

Altura del plano del tejado (m)*: 5

Altura del mayor saliente del tejado (m)*: 5

* Medido desde la tierra

Área de colección (m2): 5,432 m2

Líneas de conducción eléctrica:

Línea eléctrica:

Línea que llega a la estructura: Cable aéreo

Tipo de cable externo: No apantallado

Existencia de transformador MT/BT: Sin transformador

Otros servicios aéreos:

Número de servicios conducidos: 0

Tipo de cable externo: No apantallado

Otros servicios enterrados:

Número de servicios conducidos: 0

Tipo de cable externo: No apantallado

Tipos de las pérdidas:

Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:

Riesgos especiales para la vida: Riesgo de pánico medio

Por incendios: Comercios, colegios, ...

Por sobretensiones: No aplica

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:

Por incendios: No hay servicios esenciales

Por sobretensiones: No hay servicios esenciales

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:

Por incendios: Sin valor histórico

Tipo 4 - Pérdidas económicas:

Riesgos económicos especiales: Sin riesgos especiales

Por incendios: Oficina, escuela

Por sobretensiones: Museo, escuela

Por tensión de paso/contacto: Sin riesgo de shock

Riesgo tolerable de pérd. económ.: 1 en 1000 años

Características de la estructura:

Riesgo de incendio y daños físicos: Bajo

Eficacia del apantallamiento: Escasa

Tipo de cableado interno: No apantallado

Influencias ambientales:

Situación respecto a los alrededores: Estructura aislada

Factor ambiental: Rural

Nº de días de tormenta: 90 days/year

Densidad anual equivalente de rayos: 9.0 flashes/km2

Ver mapa isocerámico: Ver Mapa

Medidas de protección:

Clase de SPCR: Nivel IV

Protección contra incendios: Sistemas manuales

Protección contra sobretensiones: Coord. según IEC62305-4

Riesgos calculados:

	Riesgo aceptable (Da)		Riesgo imp. directo (Da)	+	Riesgo imp. indirecto (Da)	=	Riesgo calculado (Da)
Pérdidas de vidas humanas:	1,00E-05	=>	1,27E-06	+	1,21E-06	=	2,48E-06
Pérdidas de serv. públicos:	1,00E-03	=>	0,00E+00	+	0,00E+00	=	0,00E+00
Pérdidas de patrimonio:	1,00E-03	=>	0,00E+00	+	0,00E+00	=	0,00E+00
Pérdidas económicas:	1,00E-03	=>	2,44E-06	+	3,35E-04	=	3,38E-04

IEC

Este cálculo del índice de riesgo de IEC pretende orientar en el análisis de diversos criterios que determinan el riesgo de pérdidas debidas al rayo. No es posible cubrir todos los elementos especiales de una estructura que puedan hacer que sufra más o menos daños debidos al rayo. En casos especiales hay factores económicos y personales que podrían ser muy importantes y considerarse junto con el índice obtenido mediante esta herramienta. Se pretende que este

Cálculos

Please register so we can keep you updated - see Help menu ...

Project: COLEGIO FONADE EVALUACION CON SIPRA | Tooltips: ON | Database: v1.0.3 | Map: SPANISH | 03/04/2017

08:41 a.m. 03/04/2017



**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62305-2

Edition-1
2005-01

Project: COLEGIO FONADE EVALUACION CON SIPRA

Dimensiones de la estructura:

Longitud de la estructura (m): 45
Anchura de la estructura (m): 45
Altura del plano del tejado (m)*: 5
Área de colección (m²): 5.432 m²

Características de la estructura:

Riesgo de incendio y daños físicos: Bajo
Eficacia del apantallamiento: Escasa
Tipo de cableado interno: No apantallado

Influencias ambientales:

Situación respecto a los alrededores: Estructura aislada
Factor ambiental Rural
Nº de días de tormenta: 90 days/year
Densidad anual equivalente de rayos 9,0 flashes/km²

Medidas de protección:

Clase de SPCR: Nivel IV
Protección contra incendios: Sistemas manuales
Protección contra sobretensiones: Coord. según IEC62305-4

Líneas de conducción eléctrica:

Línea eléctrica:

Línea que llega a la estructura: Cable aéreo
Tipo de cable externo: No apantallado
Existencia de transformador MT/BT: Sin transformador

Otros servicios aéreos:

Número de servicios conducidos: 0
Tipo de cable externo: No apantallado

Otros servicios enterrados:

Número de servicios conducidos: 0
Tipo de cable externo: No apantallado

Tipos de las pérdidas:

Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:

Riesgos especiales para la vida: Riesgo de pánico medio
Por incendios: Comercios, colegios, ...
Por sobretensiones: No aplica

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:

Por incendios: No hay servicios esenciales
Por sobretensiones: No hay servicios esenciales

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:

Por incendios: Sin valor histórico

Tipo 4 - Pérdidas económicas:

Riesgos económicos especiales: Sin riesgos especiales
Por incendios: Oficina, escuela
Por sobretensiones: Museo, escuela
Por tensión de paso/contacto Sin riesgo de shock
Riesgo tolerable de pérd. económ.: 1 en 1000 años

Riesgos calculados:

	<i>Tolerable Risk Rt</i>	<i>Direct Strike Risk Rd</i>	<i>Indirect Strike Risk Ri</i>	<i>Calculated Risk R</i>
Pérdidas de vidas humanas:	1,00E-05	1,27E-06	1,21E-06	2,48E-06
Pérdidas de serv. públicos:	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pérdidas de patrimonio:	1,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pérdidas económicas:	1,00E-03	2,44E-06	3,35E-04	3,38E-04

IEC Risk Assessment Calculator: Version 1.0.3

Database: Version 1.0.3

IEC Central Office Support (Tel: +41-22-919 0211)
Copyright © 2005, IEC. All rights reserved.

Este cálculo del índice de riesgo de IEC pretende orientar en el análisis de diversos criterios que determinan el riesgo de pérdidas debidas al rayo. No es posible cubrir todos los elementos especiales de una estructura que puedan hacer que sufra más o menos daños debidos al rayo. En casos especiales hay factores económicos y personales que podrían ser muy importantes y considerarse junto con el índice obtenido mediante esta herramienta. Se pretende que este programa se utilice en combinación con la versión escrita de la norma IEC62305-2.



**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62305-2

**Edition-1
2005-01**

Project: COLEGIO FONADE EVALUACION CON SIPRA

Resultados del área de colección:

Ad - Área de colección de impactos directos a la estructura	5,432 m2
Nd - número medio de impactos directos a la estructura por año	0,049 flashes/year
Am - Área de colección de la estructura afectada por sobretensiones inducidas por impactos indirectos.	243,375 m2
Nm - núm. de impactos directos a tierra o a objetos cercanos a la estructura conectados a tierra que inducen sobretensiones	2,141 flashes/year
Ac1 - área de colección de las líneas aéreas a impactos directos.	35,460 m2
NL1 - número medio de impactos directos por año a las líneas aéreas que sean potencialmente peligrosos	0,319 flashes/year
Al1 - área de colección de la línea aérea a los impactos indirectos	1,000,000 m2
Nl1 - número medio impactos directos anuales a la tierra cercana a la línea aérea que pueda causar daños por sobretensiones	9,000 flashes/year
Ac2 - área de colección de la línea enterrada a impactos directos	22,025 m2
NL2- número esperado de impactos directos anuales a la línea enterrada que sean potencialmente peligrosos	0,198 flashes/year
Al2 - área de colección de la línea enterrada a impactos indirectos.	559,017 m2
Nl2 - número de impactos indirectos anuales a la tierra cercana a la línea enterrada que induzcan sobretensiones peligrosas	5,031 flashes/year

Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:

RA1 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a la estructura.	4,00E-08
RB1 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura.	2,21E-06
RC1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura.	0,00E+00
RM1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura.	0,00E+00
RU1 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a las líneas.	5,57E-09
RV1 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	1,88E-06
RW1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00
RZ1 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas.	0,00E+00

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:

RB2 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura.	0,00E+00
RC2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura.	0,00E+00
RM2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura.	0,00E+00
RV2 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	1,88E-06
RW2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas.	0,00E+00
RZ2 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas.	0,00E+00

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:

RB3 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura.	0,00E+00
RV3 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	1,88E-06

Tipo 4 - Pérdidas económicas:

RA4 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a la estructura.	0,00E+00
RB4 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a la estructura.	2,21E-07
RC4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a la estructura.	1,47E-06
RM4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a la estructura.	0,42E-05
RU4 - riesgo de tensiones de paso y contacto peligrosas dentro y fuera de la estructura causadas por un impacto directo a las líneas.	5,57E-09
RV4 - riesgo de destrucción debida a incendio, explosión, daños físicos o daños químicos causados por un impacto directo a las líneas.	1,88E-07
RW4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto directo a las líneas.	9,57E-06
RZ4 - riesgo de fallo de equipos eléctricos o electrónicos debido a sobretensiones causadas por un impacto indirecto a las líneas.	2,60E-04

IEC Risk Assessment Calculator: Version 1.0.3

Database: Version 1.0.3

IEC Central Office Support (Tel: +41-22-919 0211)
Copyright © 2005, IEC. All rights reserved.

Este cálculo del índice de riesgo de IEC pretende orientar en el análisis de diversos criterios que determinan el riesgo de pérdidas debidas al rayo. No es posible cubrir todos los elementos especiales de una estructura que puedan hacer que sufra más o menos daños debidos al rayo. En casos especiales hay factores económicos y personales que podrían ser muy importantes y considerarse junto con el índice obtenido mediante esta herramienta. Se pretende que este programa se utilice en combinación con la versión escrita de la norma IEC62305-2.

(e) Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos

Para evaluar el nivel de riesgo de tipo eléctrico, se aplica la matriz para toma de decisiones plasmada en la tabla 9.3 establecida en el RETIE 2013.

RIESGO A EVALUAR:	por _____ (al) o (en) _____									
	EVENO O EFECTO (Ej: Quemaduras)	FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco eléctrico)	FUENTE (Ej: Celda de 13,8 kV)							
POTENCIAL <input type="checkbox"/>		REAL <input type="checkbox"/>	FRECUENCIA							
C O N S E C U E N C I A S	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

Evaluador: _____ MP: _____ Fecha: _____

Tabla 9.3 Matriz para análisis de riesgos

Se hace un listado de los posibles factores de riesgo eléctrico y se plasma en la siguiente tabla.

FACTOR DE RIESGO ELÉCTRICO (peligros)	QUE PUEDE CAUSAR QUE ALGO SALGA MAL O FALLE ? (Causa)	CONSECUENCIA	FRECUENCIA	RIESGO	ACCIONES PARA MITIGAR EL PELIGRO Y RIESGO (controles)
ARCO ELECTRICO	APERTURA O CIERRE DE SECCIONADORES BAJO CARGA	4	E	MEDIO	USO DE CELDAS CON PROTECCION ANTE ARCO ELECTRICO, MANTENER DISTANCIAS DE SEGURIDAD, NO TRABAJAR EN TENSION, USAR LOS EPP REQUERIDOS.
AUSENCIA DE ELECTRICIDAD	CONTAMINACIÓN Y MAL OLOR EN EL AGUA POR CORTE DEL SERVICIO, MANIOBRA INADECUADA POR PERSONAL NO IDONEO	3	E	BAJO	USO DE GENERADOR ELÉCTRICO DE RESPALDO PARA EQUIPOS CRÍTICOS. SOLO SE AUTORIZA INGRESO EN CUARTOS TECNICOS A PERSONAL CAPACITADO.
CONTACTO DIRECTO	IMPERICIA DE NO TÉCNICOS	3	D	MEDIO	DISTANCIAS DE SEGURIDAD, PUESTA A TIERRA, PROBAR AUSENCIA DE VOLTAJE
CONTACTO INDIRECTO	FALLA CONDUCTOR PUESTA A TIERRA	3	D	MEDIO	DISTANCIAS DE SEGURIDAD, PUESTA A TIERRA, CONEXIONES EQUIPOTENCIALES, MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO
CORTO CIRCUITO	FALLAS DE AISLAMIENTO, IMPERICIA DE TÉCNICOS	4	D	MEDIO	INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS
ELECTRICIDAD ESTÁTICA	ARCOS ELÉCTRICOS MENORES, IGNICIÓN EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE, DAÑO DE EQUIPO ELECTRÓNICO	4	E	MEDIO	MALLA EFECTIVA DE PUESTA A TIERRA, DESCARGADORES DE ESTÁTICA PARA LLENADO DE TANQUES. USO DE DESCARGADORES DE ESTÁTICA PARA REPARACIÓN DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS.
EQUIPO DEFECTUOSO	DAÑO DE TABLEROS ELECTRICOS, DAÑO DE GENERADOR ELECTRICO, DAÑO DE CELDAS CON SF6, POR MALA CALIDAD DE LOS EQUIPOS	4	E	MEDIO	USO DE INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS, FUSIBLES, VÁLVULAS DE SUPERVISIÓN DE GAS Y DIQUES PARA CONTROL DE DERRAME DE COMBUSTIBLE DE LA PLANTA.
RAYOS	DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	4	D	MEDIO	PARARRAYOS, BAJANTES, EQUIPOTENCIALIZACIÓN, APANTALLAMIENTO, SUSPENDER ACTIVIDADES CUANDO SE TENGA PERSONAL AL AIRE LIBRE, USO DE AVISOS DE SEÑALIZACIÓN.
SOBRECARGA	SUPERAR LIMITES NOMINALES	2	D	MEDIO	USO Y SELECTIVIDAD DE INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS
TENSION DE CONTACTO	RAYOS, FALLAS A TIERRA, FALLAS DE AISLAMIENTO	2	D	MEDIO	USO DE SISTEMAS EFECTIVOS DE PUESTA A TIERRA, BAJANTES Y CONEXIONES EQUIPOTENCIALES
TENSION DE PASO	RAYOS, FALLAS A TIERRA, FALLAS DE AISLAMIENTO	2	D	MEDIO	USO DE SISTEMAS EFECTIVOS DE PUESTA A TIERRA, BAJANTES Y CONEXIONES EQUIPOTENCIALES

En conclusión según la tabla anterior se concluyó que el NIVEL **DE RIESGO eléctrico es MEDIO**, el cual necesita protección básica, y se debe tener en cuenta lo indicado en la tabla 9.4 establecida en el RETIE 2013.

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	Inadmisible para trabajar. Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	Minimizarlo. Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	Aceptarlo. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

Tabla 9.4 Decisiones y acciones para controlar el riesgo

A continuación, se ilustran algunos factores de riesgo eléctrico más comunes, sus posibles causas y algunas medidas de protección

REGLAS DE ORO DE LA SEGURIDAD		
Al trabajar en línea muerta, es decir, sobre circuitos desenergizados se deben cumplir los siguientes requisitos:		
1. Probar la ausencia de tensión.	6. Siempre se debe conectar a tierra y en cortocircuito como requisito previo a la iniciación del trabajo.	
2. En tanto no estén efectivamente puestos a tierra, todos los conductores o partes del circuito se consideran como si estuvieran energizados a su tensión nominal.	7. Los equipos de puesta a tierra se deben manejar con pértigas aisladas, conservando las distancias de seguridad respecto a los conductores, en tanto no se complete la instalación.	
3. Para su instalación, el equipo se conecta primero a tierra y después a los conductores que van a ser puestos a tierra, para su desconexión se procede a la inversa.	8. Los conectores se deben colocar firmemente, evitando que puedan desprenderse o aflojarse durante el desarrollo del trabajo.	
4. Los equipos de puesta a tierra se conectarán a todos los conductores, equipos o puntos que puedan adquirir potencial durante el trabajo.	9. Cuando la estructura o apoyo tenga su propia puesta a tierra, se conecta a ésta. Cuando vaya a "abrirse" un conductor o circuito, se colocarán tierras en ambos lados.	
5. Cuando dos o más trabajadores o cuadrillas laboren en lugares distintos de las mismas líneas o equipo, serán responsables de la colocación y retiro de los equipos de puesta a tierra en sus lugares de trabajo correspondientes.	10. Uso de Elementos de protección personal: Botas dieléctricas, guantes, casco, chaleco con reflectivo,	

	<p style="text-align: center;">ARCOS ELÉCTRICOS.</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar gafas de protección contra rayos ultravioleta.</p>
	<p style="text-align: center;">SOBRECARGA</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armónicos.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Interruptores automáticos con relés de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con cortacircuitos, cortacircuitos, fusibles, dimensionamiento adecuado de conductores y equipos.</p>
	<p style="text-align: center;">CORTOCIRCUITO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.</p>
	<p style="text-align: center;">CONTACTO DIRECTO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión.</p>
	<p style="text-align: center;">RAYOS</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Fallas en el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Pararrayos, bajantes, puestas a tierra, equipotencialización, apantallamientos, topología de cableados. Además suspender actividades de alto riesgo, cuando se tenga personal al aire libre.</p>

(f) Análisis del nivel tensión requerido.

Se asume que el operador de red asignara conexión a un nivel de tensión en baja tensión 208-120V trifásico tetrafilar, verificar con operador de red punto de conexión y parámetros de tensión

(g) Cálculo de campos electromagnéticos.

Se asume que el operador de red asignara conexión a un nivel de tensión en baja tensión 208-120V trifásico tetrafilar, verificar con operador de red punto de conexión y parámetros de tensión

Para el proyecto no se plantea el montaje de subestación o redes de media tensión es un proyecto en baja tensión, por lo tanto, se concluye que los campos electromagnéticos no tienen ningún riesgo que afecte a las personas que transiten en el lugar de la instalación eléctrica.

(h) Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga

Se asume que el operador de red asignara conexión a un nivel de tensión en baja tensión 208-120V trifásico tetrafilar, verificar con operador de red punto de conexión y parámetros de tensión

Para el proyecto no se plantea el montaje de subestación o redes de media tensión es un proyecto en baja tensión por lo tanto no aplica este numeral

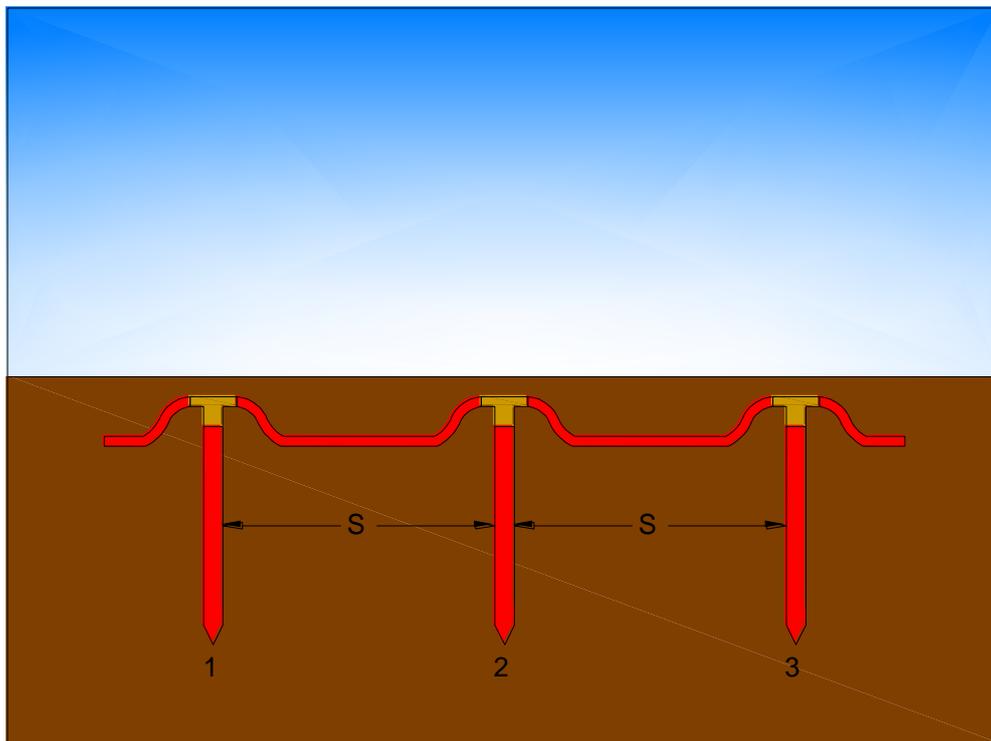
(i) Cálculo de puesta a tierra

Se asume que el operador de red asignara conexión a un nivel de tensión en baja tensión 208-120V trifásico tetrafilar, verificar con operador de red punto de conexión y parámetros de tensión

Para el cálculo del sistema de puesta a tierra se tomo un valor de resistividad típico para este tipo de terrenos el cual es de 120 Ohm*m. que sirve como variable de entrada al diseño.

Se debe construir una puesta a tierra que consta de 2 electrodos verticales de 2,44 m x 5/8" de cobre y electrodos horizontales de 6m en conductor de cobre desnudo 2/0 AWG.

Con esta configuración y los datos de resistividad se procedió a hacer el modelamiento de la puesta a tierra.



ELECTRODOS EN LINEA RECTA

Se calcula el valor de resistencia de puesta a tierra mediante la siguiente expresión:

$$R = \frac{\rho}{n} \left(0.404 + \frac{0.16}{S} \ln 0.655n \right)$$

Donde:

R: Resistencia de puesta a tierra (Ω)

ρ : Resistividad equivalente del terreno (Ωm)

n: Numero de electrodos de puesta tierra

S: Sepacion entre electrodos de puesta tierra (m)

$$R = \frac{120(\Omega m)}{2} \left(0.404 + \frac{0.16}{6m} \ln 0.655 * 2 \right)$$

$$R = 24.6\Omega$$

Puesta a tierra pararrayos

La puesta a tierra de protección contra rayos es una parte fundamental del SPE, que contribuye de forma sustancial a la seguridad de las personas y los equipos, puesto que provee equipotencialidad y baja impedancia a la onda de rayo y permite su disipación y dispersión en el terreno sin causar daño. Una buena práctica es una resistencia de puesta a tierra **10 Ω** a baja frecuencia.

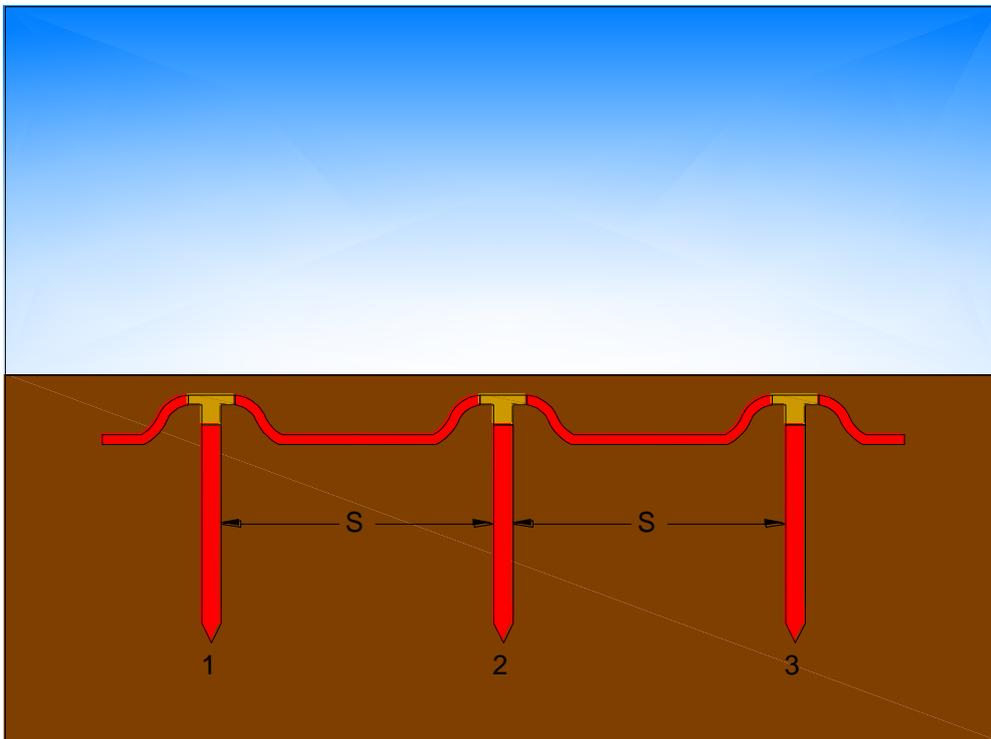
La forma y dimensiones de la puesta a tierra son más importantes que llegar a un valor de resistencia. Sin embargo, un valor bajo de resistencia de puesta a tierra es una buena práctica, siempre y cuando las condiciones del terreno lo permitan (**IEC 62305-3, numeral 5.4.1**).

El valor de resistividad encontrado y que sirve como variable de entrada al diseño es 120 Ohm*m.

Para el diseño del sistema de puesta a tierra de protección contra rayos, se debe tener en cuenta que la configuración que se empleará es la configuración A definida en la norma técnica colombiana NTC 4552-3, este tipo de configuración incluye electrodos verticales y horizontales.

Se debe construir una puesta a tierra que consta de 10 electrodos verticales de 2,44 m x 5/8" de cobre y electrodos horizontales de 10 m en conductor de cobre desnudo 2/0 AWG.

Con esta configuración y los datos de resistividad se procedió a hacer el modelamiento de la puesta a tierra.



ELECTRODOS EN LINEA RECTA

Se calcula el valor de resistencia de puesta a tierra mediante la siguiente expresión:

$$R = \frac{\rho}{n} \left(0.404 + \frac{0.16}{S} \ln 0.655n \right)$$

Donde:

R: Resistencia de puesta a tierra (Ω)

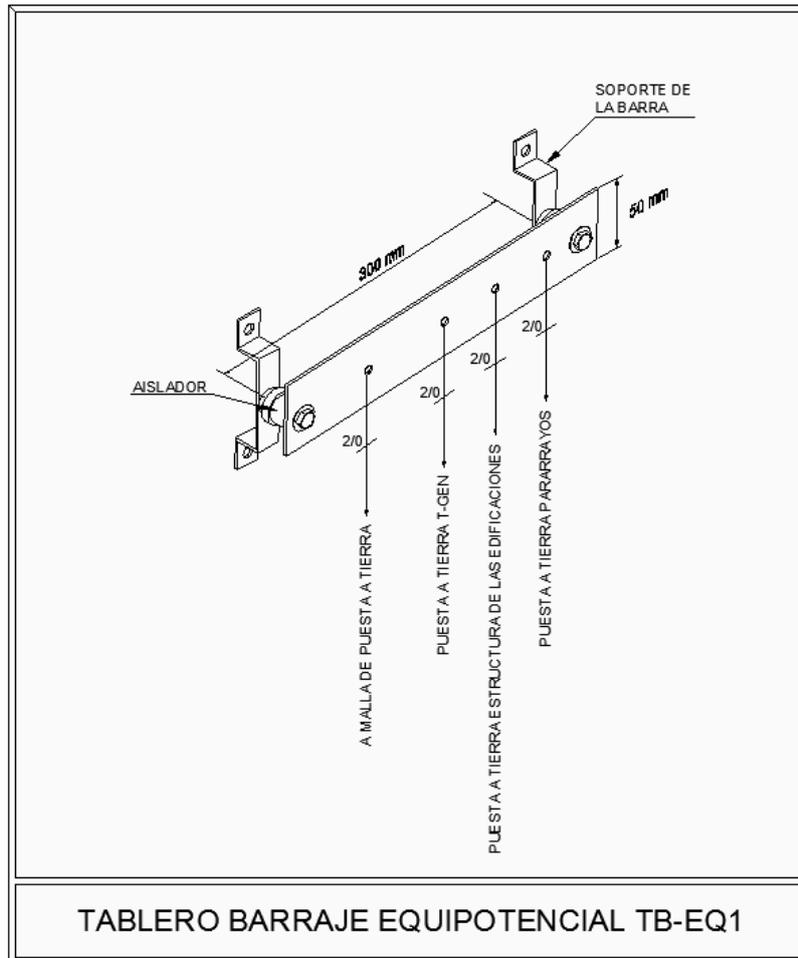
ρ : Resistividad equivalente del terreno (Ωm)

n: Numero de electrodos de puesta tierra

S: Sepacion entre electrodos de puesta tierra (m)

$$R = \frac{120(\Omega m)}{10} \left(0.404 + \frac{0.16}{10m} \ln 0.655 * 10 \right)$$

$$R = 4.03\Omega$$



Para el sistema de puesta a tierra de protección contra rayos se debe cumplir con un valor de resistencia de puesta a tierra menor a 10 Ohm, tal como lo indica la Norma Técnica Colombiana NTC4552-3 y el RETIE.

Se observa que este valor cumple con lo estipulado en la tabla 15.4 del RETIE 2013.

Valores de resistencia de puesta a tierra

TABLA 15.4 RETIE 2013

APLICACION	VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA
Estructuras de líneas de transmisión	20 ohmios
Subestaciones de alta y extra alta tensión	1 ohmios
Subestaciones de media tensión	10 ohmios
Protección contra rayos	10 ohmios
Neutro de acometida en baja tensión	25 ohmios

REQUERIMIENTOS GENERALES

- Los elementos metálicos que forman parte de las instalaciones eléctricas, no podrán ser incluidos como parte de los conductores de puesta a tierra.
- Los elementos metálicos principales que actúan como refuerzo estructural de una edificación deben tener una conexión eléctrica permanente con el sistema de puesta a tierra.
- Las conexiones que van bajo el nivel del suelo en puesta a tierra, deben ser realizadas mediante

- soldadura exotérmica o conector certificado para tal uso por el RETIE.
- Para verificar las características del electrodo de puesta a tierra y su unión con la red equipotencial, cumplan con todos los requerimientos del RETIE, se debe dejar por lo menos un punto de conexión accesible e inspeccionable y una caja de inspección, cuyas dimensiones deben ser como mínimo de 30 cm X 30 cm o de 30 cm de diámetro.
 - No se permite el uso de aluminio en los electrodos de las puestas a tierra.
 - Las varillas del SPT es de cobre de 5/8" X 2.40 m.
 - Se deberán proveer conexiones a tierra para todos los materiales, equipos, estructuras, según lo indicado en los planos y especificaciones y en cuanto sea necesario para cumplir los requerimientos del Código Nacional Eléctrico de los Estados Unidos (NEC) y la norma ICONTEC 2050 y el RETIE.
 - El término "Equipo Eléctrico" incluye todos los compartimentos, celdas o tableros que contengan conexiones eléctricas o conductores desnudos.

REQUISITOS DE INSTALACIÓN

- Cada electrodo será enterrado en su totalidad
- El punto de unión entre el conductor y el electrodo debe ser fácilmente accesible y hacerse con soldadura exotérmica o conector certificado por el RETIE para este uso:
- La parte superior del electrodo enterrado debe quedar mínimo 15 cm por debajo de la superficie.
- Los conductores del SPT deben ser continuos, sin interruptores o medios de desconexión.
- Todos los sistemas de puesta a tierra son interconectados mediante puentes equipotenciales.

(j) Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.

Se asume que el operador de red asignara conexión a un nivel de tensión en baja tensión 208-120V trifásico tetrafililar, verificar con operador de red punto de conexión y parámetros de tensión

VER ANEXO 3 CALCULO ECONOMICO DE CONDUCTORES

(k) Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la norma IEC 60909, IEEE 242, capítulo 9 o equivalente

Se asume que el operador de red asignara conexión a un nivel de tensión en baja tensión 208-120V trifásico tetrafililar, verificar con operador de red punto de conexión y parámetros de tensión

Para el proyecto no se plantea el montaje de subestación o redes de media tensión es un proyecto en baja tensión por lo tanto no aplica este numeral

(l) Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos

Se asume que el operador de red asignara conexión a un nivel de tensión en baja tensión 208-120V trifásico tetrafililar, verificar con operador de red punto de conexión y parámetros de tensión

En el diseño eléctrico planteado no se requirió hacer ningún cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos por lo tanto no aplica este numeral

(m) Cálculo y coordinación de protecciones contra sobre corrientes.

Se asume que el operador de red asignara conexión a un nivel de tensión en baja tensión 208-120V trifásico tetrafilar, verificar con operador de red punto de conexión y parámetros de tensión

Para el proyecto no se plantea el montaje de subestación o redes de media tensión es un proyecto en baja tensión por lo tanto no aplica este numeral

(n) Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.).

Se asume que el operador de red asignara conexión a un nivel de tensión en baja tensión 208-120V trifásico tetrafilar, verificar con operador de red punto de conexión y parámetros de tensión

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
Nº	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	2	THW 600 V	0			
2	8	THW 600 V	3	5,99	28,18	84,54
3	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0			
4	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0			
5	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0			
					Area Total	84,54 mm2
Tipo de Ducto: Tubo de PVC Rigido, Sch. 40 y tubo de PE-AD						
Diametro: 1 Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado 3/4 "					Diametro** 26,1 mm	Area Total 535,02 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación	15,80%

ACOMETIDA T-GEN A T-AUL1
 ACOMETIDA T-GEN A T-PRO
 ACOMETIDA T-GEN A ILU EXTERIOR

Ocupacion de ductos							
Cable Monopolar							
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2	
1	6	THW 600 V	3	7,71	46,69	140,06	
2	8	THW 600 V					
3	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0				
4	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0				
5	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0				
Area Total						140,06	mm2
Tipo de Ducto: Tubo de PVC Rigido, Sch. 40 y tubo de PE-AD							
Diametro: 2 Pulgadas							
Diámetro mínimo recomendado 1 "						Diametro** 52 mm	Area Total 2123,72 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación		6,60%

**ACOMETIDA T-GEN A T-AM
ACOMETIDA T-GEN A T-AUL3**

(o) Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.

Se asume que el operador de red asignara conexión a un nivel de tensión en baja tensión 208-120V trifásico tetrafililar, verificar con operador de red punto de conexión y parámetros de tensión

VER ANEXO 4 CALCULO PERDIDAS DE ENERGIA

(p) Cálculos de regulación BT.

Se asume que el operador de red asignara conexión a un nivel de tensión en baja tensión 208-120V trifásico tetrafililar, verificar con operador de red punto de conexión y parámetros de tensión

VER ANEXO 5 CALCULOS DE REGULACION

(q) Clasificación de áreas.

Este ítem no aplica para este tipo de proyecto y edificación ya que no hay áreas con posibilidad de explosión

(r) Elaboración de diagramas unifilares.

Se asume que el operador de red asignara conexión a un nivel de tensión en baja tensión 208-120V trifásico tetrafilar, verificar con operador de red punto de conexión y parámetros de tensión

En los planos anexos se muestran los diagramas unifilares correspondientes al diseño eléctrico

(s) Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.

En los planos anexos se muestran los esquemas eléctricos para construcción, correspondientes al diseño eléctrico

(t) Especificaciones de construcción complementarias a los planos.

En el volumen anexo se incluyen las especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.

(u) Establecer las distancias de seguridad requeridas.

Se asume que el operador de red asignara conexión a un nivel de tensión en baja tensión 208-120V trifásico tetrafilar, verificar con operador de red punto de conexión y parámetros de tensión

Las distancias de seguridad se resumen a continuación en una tabla donde se exponen los valores mínimos y la relación en una construcción en una respectiva gráfica:

Tabla 13.1 Distancias mínimas de seguridad según el RETIE 2013.

DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD EN ZONAS CON CONSTRUCCIONES		
Descripción	Tensión nominal entre fases (kV)	Distancia (m)
Distancia vertical "a" sobre techos y proyecciones, aplicable solamente a zonas de muy difícil acceso a personas y siempre que el propietario o tenedor de la instalación eléctrica tenga absoluto control tanto de la instalación como de la edificación (Figura 13.1).	44/34,5/33	3,8
	13,8/13,2/11,4/7,6	3,8
	<1	0,45
Distancia horizontal "b" a muros, balcones, salientes, ventanas y diferentes áreas independientemente de la facilidad de accesibilidad de personas. (Figura 13.1)	66/57,5	2,5
	44/34,5/33	2,3
	13,8/13,2/11,4/7,6	2,3
	<1	1,7
Distancia vertical "c" sobre o debajo de balcones o techos de fácil acceso a personas, y sobre techos accesibles a vehículos de máximo 2,45 m de altura. (Figura 13.1)	44/34,5/33	4,1
	13,8/13,2/11,4/7,6	4,1
	<1	3,5
Distancia vertical "d" a carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular. (Figura 13.1) para vehículos de más de 2,45 m de altura.	115/110	6,1
	66/57,5	5,8
	44/34,5/33	5,6
	13,8/13,2/11,4/7,6	5,6
	<1	5

Tabla 13.1 distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones

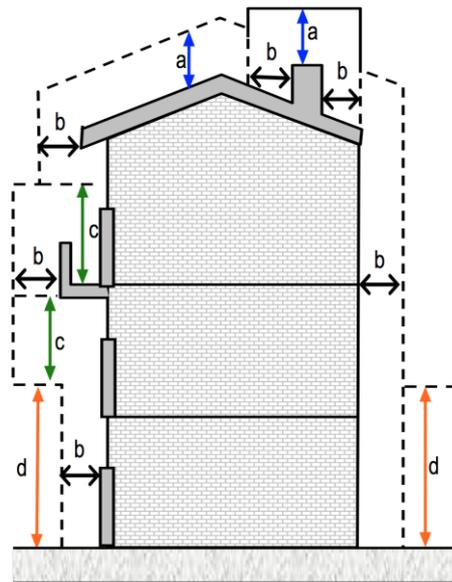
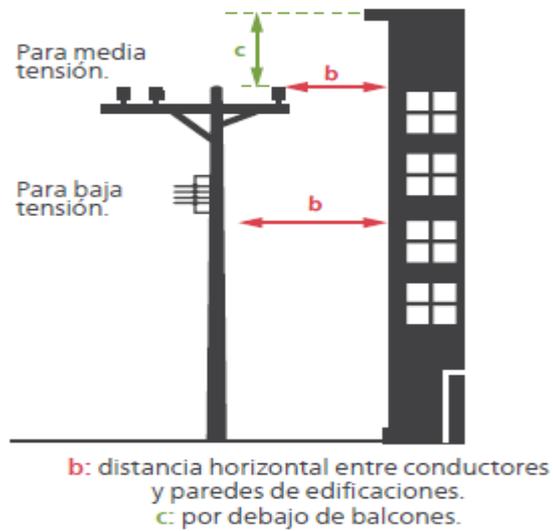


Figura 1 Distancias de seguridad en zonas con construcciones según el RETIE 2013. TOMADO DEL RETIE 2013

Referente al proyecto, donde en la zona ESSA maneja redes de hasta 13.2 kV, las distancias de seguridad son:

- Las distancias vertical "a" sobre techos y proyecciones, aplicable solamente a zonas de muy difícil acceso a personas y siempre que el propietario o tenedor de la instalación eléctrica tenga absoluto control tanto de la instalación como de la edificación, debe ser superior a 3.8 m.
- Las distancias horizontales "b" a muros, proyecciones, ventanas y diferentes áreas independientemente de la facilidad de accesibilidad de personas, debe ser superior a 2.3 m.
- Las Distancias vertical "c" sobre o debajo de balcones o techos de fácil acceso a personas, y sobre techos accesibles a vehículos de máximo 2,45 m de altura debe ser superior a 4.1 m.
- Las distancias verticales "d" a carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular debe ser superior a 5.6 m.



De la información descrita anteriormente en el artículo 13 de RETIE 2013, se concluye que el proyecto cumple con las distancias mínimas de seguridad

(v) Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.

En el diseño eléctrico planteado no se requirió hacer ninguna justificación técnica de desviación de la **NTC 2050**.

(w) Los demás estudios que el tipo de instalación requiera

Las condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas geotérmicas, fueron planteadas por los especialistas responsables de estos diseños y temas relacionados.

4. DIMENSIONAMIENTO DE BARRAJES

El dimensionamiento de los barrajes del tablero general de acometidas y de armarios de medidores se hará de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana NTC 3444, de donde se obtiene lo siguiente:

	Carga (kVA)	I nom (A)	I prot (A)	Protección (A)	I prot x 1,5 (A)
T-GEN	24.19	116	145	2X125	217.5

FASE/NEUTRO/TIERRA

ANCHO X ESPESOR	ÁREA mm ²	PESO kg/m	CARACTERISTICAS DEL ELEMENTO						
			CORRIENTE ALTERNA 60Hz		BARRAS				
			PINTADA						
			1	2	IX	WX	IY	WY	
I	II	cm ²	cm ²	cm ²	cm ²				
12 x 2	24	0,21	165	297	0,0288	0,048	0,0008	0,008	
15 x 2	30	0,27	204	356	0,0562	0,075	0,001	0,01	
T-GEN	15 x 3	45	0,4	244	435	0,084	0,112	0,003	0,022

	CAPACIDAD EN DE CORRIENTE	DIMENSIONES		AREA
		ANCHO	ESPESOR	
FASES	220A	15mm	3mm	45mm ²
NEUTRO	100A	12mm	2mm	24mm ²
TIERRA	50A	12mm	2mm	24mm ²

5. MEDIDORES DE ENERGÍA

Para el **PROYECTO DE REDES DE BAJA TENSIÓN**, se emplearán medidores de energía electrónicos de baja tensión conectados directamente a la red. Los medidores se seleccionaron de acuerdo al límite de carga y al tipo de acometida. A continuación, más características

Medidor		Monofásico bifilar	Bifásico trifilar	Trifásico tetrafilar		
Tensión	V	120	2 x 120/208	3 x 120/208	3 x 120/208	3 x 277/480
Corriente básica	A	10 o 15	10 o 15	10 o 15	50-40	10 o 15
Corriente Máxima	A	100	100	100	150-160	100-120
Clase		1	1	1	1	1
Límite de carga	kW	12	20.8	36	54	57.6
Esquema de conexión		AE 411 AE 412	AE 413-1	AE 414	AE 414	AE 415

Luis Ricardo Granados Alarcón
Ingeniero Electricista U.N
Cel 311 8082623
Telefax 2602736

E- mail rgalarcon19@hotmail.com

MAT. PROF. CN 205-06576