Proyecto: "ASPROSI"
Elaborado por: Jairo Antonio Mosquera
Ingeniero Electricista

DISEÑO ELÉCTRICO:

ASPROSI

LA SIERRA, DEPARTAMENTO DEL CAUCA

OCTUBRE 2025

Proyecto: "ASPROSI"
Elaborado por: Jairo Antonio Mosquera
Ingeniero Electricista

INDICE:

1. INTRODUCCION 4
2. OBJETIVO GENERAL 4
3. ALCANCE 4
4. DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 4
5. USO DEL EDIFICIO 5
6. NORMATIVIDAD 5
7. DISEÑO DETALLADO: 6

A) Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos. 6

B) Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos. 16

C) Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos 20

D) Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico 21

E) Análisis del nivel tensión requerido 22

F) Cálculo de campos electromagnéticos. 22

G) Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga. 23

H) Cálculo del sistema de puesta a tierra. 23

I) Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía. 28

J) 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. 30

K) Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos 30

L) Cálculo y coordinación de protecciones contra sobre corriente, En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitaciones de corrientes de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A. 31

M) Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electro ductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.). 32

N) Áreas clasificadas como peligrosas: 32

O) Elaboración de diagramas unifilares. 33

P) Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción 33

Q) Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares. 33

R) Establecer las distancias de seguridad requeridas 33

S) 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 36

T) V. Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas. 36

U) Selección, cálculo y especificación de equipos de generación de energía convencionales y no convencionales. 37

Proyecto: "ASPROSI"
Elaborado por: Jairo Antonio Mosquera
Ingeniero Electricista

1. INTRODUCCION

En este documento se presenta un informe de diseño eléctrico de la infraestructura que se adecuará para el funcionamiento de una entidad nacional en el municipio de Piendamo, departamento del Cauca. En el proyecto "ASPROSI", Municipio de La Sierra, Departamento del Cauca" se atienden los aspectos de infraestructura eléctrica y sistemas de puesta a tierra entre otros aspectos necesarios para el correcto y seguro funcionamiento del establecimiento, todo basado en normativa (NTC2050), reglamento aplicable (Reglamento RETIE) y correctas prácticas de diseño. Para tener un fácil manejo y acceso a la información referente al diseño eléctrico de este proyecto, el mismo se ha organizado en documentos adjuntos como archivos anexos. En dichos documentos se encontrará toda la información pertinente respecto a cuadros de carga, reportes de diseño de iluminación, diseño de protección contra descargas atmosféricas, puestas a tierra (SPT) y demás información de interés tanto para los organismos de inspección y control, constructores e ingenieros de obra y propietarios del proyecto.

2. OBJETIVO GENERAL

El desarrollo de este proyecto tiene como objetivo realizar el Diseño Eléctrico del proyecto "ASPROSI" a través de métodos analíticos y normativos que permiten finalmente determinar los parámetros de diseño con un rendimiento óptimo que cumplirá con las actividades a realizar.

3. ALCANCE

Realizar el estudio Eléctrico del proyecto "ASPROSI" para que la red eléctrica: luminarias, Tomacorrientes, tablero de breaker, circuitos eléctricos, acometidas y protecciones eléctricas de la edificación quede de acuerdo a la normatividad y reglamento vigente.

4. DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El Municipio de la Sierra limita al Norte con el Municipio de Rosas, al Oriente con el Municipio de Sotará, al Sur con el Municipio de La Vega y al Occidente con los Municipios de El Tambo y Patía.
El Municipio de la Sierra es netamente agrícola y actualmente es el renglón más importante de la economía. Esta vocación está soportada en unos suelos volcánicos altamente productivos y una variedad de climas que permiten el cultivo de múltiples productos, siendo los más importantes el café y la caña panelera. También se cultiva plátano, yuca, fríjol, maíz y frutales.
(Ver planos arquitectónicos para localización detallada)



Imagen 1. Ubicación del municipio de Piendamo – Cauca; Fuente: Wikipedia

5. USO DEL EDIFICIO

El proyecto se presenta como uso comercial.

6. NORMATIVIDAD

Las normas, códigos y reglamentos que se tendrán en cuenta para llevar a cabo el diseño, son aplicables a este tipo de proyectos y se indican a continuación:

- Norma Técnica Colombiana (NTC 2050)
- Resolución No. 90708 de agosto 30 de 2013.
- Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE.
- Resolución 180540 de 10 marzo de 2010.
- Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP.
- Norma Técnica Colombiana NTC 4552. Protección contra Descargas Eléctricas Atmosféricas (Rayos). Y NTC 2050.

7. DISEÑO DETALLADO:

Es el diseño que requiere el mayor número de documentación técnica. Aplica para todo tipo de diseño, exceptuando los casos de "diseño simplificado" y casos de "reemplazo del diseño" que veremos más adelante. Las memorias de cálculo que debe presentarse será la mencionada a continuación y se recibirá en este estricto orden:

A) Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.

	SI	N/A	JUSTIFICACION (EN CASO DE N/A)
¿Se adjunta documentación del ítem?	X		

EVALUACION DEL NIVEL DEL RIESGO

Basado en la Norma Técnica Colombiana 4552 de Icontec, se establece una metodología objetiva para evaluar el nivel de riesgo, y de esta forma determinar si se requiere o no la implementación de un sistema de protección externa y/o interna contra rayos.

ANÁLISIS DE RIESGO ORIGEN ELÉCTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS:

Tipo de proyecto: Urbano. **Tensión:** 220/110 Voltios.

El RETIE en su artículo N°9 Análisis de riesgos de origen eléctrico establece que:

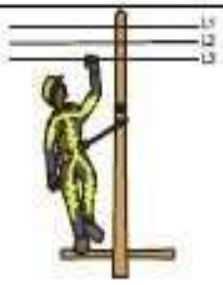
"En general la utilización y dependencia tanto industrial como doméstica de la energía eléctrica ha traído Consigo la aparición de accidentes por contacto con elementos energizados o incendios, los cuales se han incrementado por el aumento del número de instalaciones, principalmente en la distribución y uso final de la electricidad. Esta parte del RETIE tiene como principal objetivo crear conciencia sobre los Riesgos existentes en todo lugar donde se haga uso de la electricidad o se tengan elementos Energizados.

El resultado final del paso de una corriente eléctrica por el cuerpo humano puede predecirse con un gran porcentaje de certeza, si se toman ciertas condiciones de riesgo conocidas y se evalúa en qué medida influyen todos los factores que se conjugan en un accidente de tipo eléctrico. Por tal razón el personal que intervenga en una instalación, en función de las características de la actividad, proceso o situación, debe aplicar las medidas necesarias para que no se potencialice un riesgo de origen eléctrico".

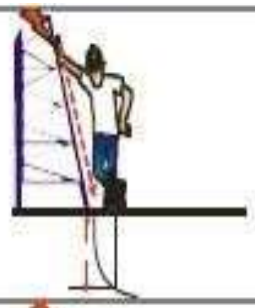
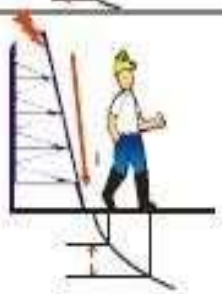
FACTORES DE RIESGO ELÉCTRICO MÁS COMUNES

Por regla general, todas las instalaciones eléctricas tienen implícito un riesgo y ante la imposibilidad de controlarlos todos en forma permanente, se seleccionaron algunos factores, que al no tenerlos presentes ocasionan la mayor cantidad de accidentes. El tratamiento preventivo de la problemática del riesgo de origen eléctrico, obliga a saber identificar y valorar las situaciones irregulares, antes de que suceda algún accidente. Por ello, es necesario conocer claramente el concepto de riesgo; a partir de ese conocimiento, del análisis de los factores que intervienen y de las circunstancias particulares, se tendrán criterios objetivos que permitan detectar la situación de riesgo y valorar su grado de peligrosidad. Identificado el riesgo, se han de seleccionar las medidas preventivas aplicables. En la Tabla 9.5 se ilustran algunos de los factores de riesgo eléctrico más comunes, sus posibles causas y algunas medidas de protección:

Proyecto: "ASPROSI"
Elaborado por: Jairo Antonio Mosquera
Ingeniero Electricista

	**ARCOS ELÉCTRICOS.** **POSIBLES CAUSAS:** Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores con carga, apertura de transformadores de corriente, apertura de transformadores de potencia con carga sin utilizar equipo extintor de arco, apertura de transformadores de corriente en secundarios con carga, manipulación indebida de equipos de medida, materiales o herramientas olvidadas en gabinetes, acumulación de óxido o partículas conductoras, descuidos en los trabajos de mantenimiento. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta.
	**AUSENCIA DE ELECTRICIDAD (EN DETERMINADOS CASOS)** **POSIBLES CAUSAS:** Apagón o corte del servicio, no disponer de un sistema ininterrumpido de potencia - UPS, no tener plantas de emergencia, no tener transferencia. Por ejemplo: Lugares donde se exijan plantas de emergencia como hospitales y aeropuertos. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Disponer de sistemas ininterrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática.
	**CONTACTO DIRECTO** **POSIBLES CAUSAS:** Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Establecer 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, doble aislamiento.
	**CONTACTO INDIRECTO** **POSIBLES CAUSAS:** Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo.
	**CORTOCIRCUITO** **POSIBLES CAUSAS:** Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos defectuosos. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.

	**ELECTRICIDAD ESTÁTICA** **POSIBLES CAUSAS**: Unión y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN**: Sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente, eliminadores eléctricos y radiactivos, pisos conductivos.
	**EQUIPO DEFECTUOSO** **POSIBLES CAUSAS**: Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN**: Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.
	**RAYOS** **POSIBLES CAUSAS**: Fallas en: el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección. **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.
	**SOBRECARGA** **POSIBLES CAUSAS**: Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armónicos, no controlar el factor de potencia. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN**: Uso de Interruptores automáticos con relés de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con cortacircuitos, cortacircuitos, fusibles bien dimensionados, dimensionamiento técnico de conductores y equipos, compensación de energía reactiva con banco de condensadores.

	**TENSIÓN DE CONTACTO** **POSIBLES CAUSAS**: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN**: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.
	**TENSIÓN DE PASO** **POSIBLES CAUSAS**: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas, retardo en el despeje de la falla, **MEDIDAS DE PROTECCIÓN**: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.

RECOMENDACIONES PARA EVITAR ACCIDENTES ELECTRICOS:

PERSONAS:

- Se considerará siempre que todo el equipo y líneas eléctricas tienen tensión, hasta haber comprobado lo contrario.
- La persona que opere o manipule la instalación eléctrica debe conocer la ubicación del interruptor principal de la instalación y de los medios más rápidos de desconexión de la zona donde trabaja, por si se requiere en alguna emergencia.
- Se verificará que esté correcta la conexión a tierra siempre que se conecte o desconecte un equipo.
- La persona debe asegurarse que ha dejado perfectamente aislado el equipo o máquina cuando termine un trabajo.
- Nunca deben quedar cajas de conexiones o tableros destapados.
- Las extensiones deberán ser de doble aislamiento y deberán estar en perfecto estado de conservación. No se admitirán cables con roturas en su aislamiento.
- Cada sector de trabajo contará con un tablero o caja de distribución de energía de capacidad adecuada montado sobre un soporte estable. Este contará con puesta a tierra y protecciones adecuadas.
- Toda modificación y ampliación de la instalación eléctrica debe ser autorizada por la persona responsable de la misma.
- Está prohibido el uso de artefactos eléctricos defectuosos.
- Todo equipo eléctrico debe tener conexión a tierra.
- Las extensiones o redes provisionales deben ser construidas con cable de uso pesado o extra pesado, (encauchetado SJ, SO o ST) de un calibre adecuado para la carga que se va a alimentar y que incluya conductor de puesta a tierra de equipos. No se aceptan los cables tipo SP (dúplex).
- Al retirarse del área de trabajo, las personas deben revisar y apagar los equipos eléctricos.

Proyecto: "ASPROSI"
Elaborado por: Jairo Antonio Mosquera
Ingeniero Electricista

EQUIPOS

- Instalación de sistema DPS en subestación tipo poste para minimizar el efecto y daño en la instalación eléctrica y subestación tipo eléctrico por sobretensiones.
- Instalación un sistema puesta a tierra equipotencializado y adecuado con el fin de minimizar el valor de la resistencia a tierra y/o Controla Tensiones de Paso y Contacto.
- Aterrizar toda estructura metálica para minimizar el riesgo por contacto.
- Instalación de cortacircuitos con sus respectivos fusibles en el transformador.
- Instalación de un totalizador para proteger las instalaciones internas.
- Instalación y montaje de la subestación tipo poste teniendo en cuenta las distancias de seguridad contemplada en art 13 del RETIE. (Aplica).

RIESGO ELECTRICO	DONDE SE PRODUCE?	COMO MITIGARLO	ANALISIS RIESGO ELÉCTRICO	RIESGO DEL PROYECTO
Arcos Eléctricos	Tableros de distribución Mal contacto de partes energizadas	Solo se permite la manipulación de personal capacitado. El personal capacitado debe utilizar su dotación certificada. Distancias de seguridad según Retie y propuesta en el proyecto.	Medio	NIVEL MEDIO
Ausencia de Tensión	Corte del servicio por el O.R (Operador de R Apagón del servicio por una posible falla. No disponer de fuentes alternativas.	Realizar pago cumplido para evitar supensión del O.R, con el fin de que las personas disfruten de buen servicio. Manipulación indebida por personal no capacitado.	Bajo	
Contacto Directo	Tableros de distribución, pueden tener fallas de aislamiento y/o fallas a tierra. Cambio de luminarias. Mala manipulación de tomacorrientes.	Utilizar señalización de riesgo eléctrico en tableros de distribución para evitar que personal no calificado tenga acceso. Realizar cambio o mantenimiento de luminarias por personal capacitado Uso adecuado de elementos de protección personal.	Medio	
Contacto Indirecto	Falla de conductor de tierra. Mal mantenimiento. Falla aislamiento.	Distancias de seguridad según Retie y propuesta en el proyecto. Mantenimiento preventivo y/o correctivo. Realizar un adecuado sistema de puesta a tierra según RETIE, para evitar que elementos metalicos se energicen.	Medio	
Campo Electromagnetico	Concentración de acometidas de conductore eléctricos. Subestación electrica	El proyecto Tomografo Popayán no tiene riesgo de que las personas se vean afectadas por dicho fenomeno. (Subestación en poste)	Muy Bajo	
Cortocircuito	Impericia de los tecnicos Equipos y materiales eléctricos defectuosos Fallas de aislamiento Accidentes externos	El mantenimiento de los tableros de distribución solo debe ser realizarse por personal capacitado. Protección contrasobrecorrientes para evitar daños a equipos o personas que se encuentren en la edificación. Cuando se realice cambio de luminarias solo se debe ejecutar dicha acción por personal capacitado con el fin de evitar accidentes.	Medio	
INGENIERO ELECTRICISTA	JUAN JOSÉ MOSQUERA SAAVEDRA			

Tabla 12. Matriz de Riesgo Eléctrico Detallada.

Proyecto: "ASPROSI"
Elaborado por: Jairo Antonio Mosquera
Ingeniero Electricista

Indicadores del Análisis de Riesgo del proyecto:

1. El Proyecto es de construcciones nuevas.
2. Se debe realizar un proyecto de redes de distribución de baja tensión (internas) con sus respectivas protecciones.
   a) Dentro de los diseños de debe contemplar el diseño de apantallamiento eléctrico del conjunto. (Si se requiere)
   b) Se debe contemplar elementos como tomacorrientes GFCI y elementos que prevengan descargas a tierra.
   c) Diseño de Sistema de Puesta a tierra
3. Se debe instalar elementos y materiales nuevos tanto en las redes de media y baja tensión. Bajo estos parámetros y con la matriz de análisis de riesgo podemos determinar que la construcción tiene un RIESGO MEDIO, así:

1) Como la construcción es nueva no deberá presentar condiciones peligrosas, ya que todas estas posibles situaciones se deben proteger, con los elementos adecuados, sistemas de puesta a tierra, protecciones para el transformador, protecciones para tableros de armarios, protecciones para circuitos internos y protecciones para la salida de tomacorrientes.
2) ARCOS ELECTRICOS:
   Cómo es construcción nueva no deberá tener malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores. Se debe proyectar la utilización de materiales certificados y acordes a las protecciones de cortocircuitos, mantener una distancia de seguridad, usar gafas de protección contra rayos ultravioleta.
3) AUSENCIA DE ELECTRICIDAD: Se proyecta disponer de planta de emergencia con transferencia automática.
4) CONTACTOS INDIRECTOS: Dentro de la construcción de redes internas se debe tener en cuenta la separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo.
5) CORTO CIRCUITO: Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles

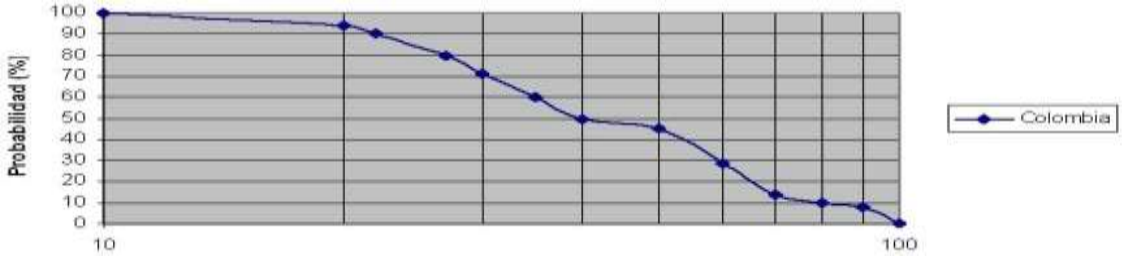
5.1) INDICADOR DE EXPOSICIÒN DEL RAYO:

Este indicador contempla los parámetros del rayo que se obtiene a partir de la densidad de descargas a tierra (DDT) y la corriente pico absoluta promedio en KA.

5.1.1) Corriente absoluta promedio en KA:

Este valor indica el valor de corriente promedio con una ocurrencia del 50 % para Colombia, localizada en la zona templada.

Para el 50% de ocurrencia la corriente es de 43 KA



5.1.2) Densidad de descargas a tierra (DDT):

Este parámetro indica la cantidad de descargas atmosféricas ocurridas en un área de 9 Km2 en un intervalo de tiempo de un año. En el anexo A de la Norma NTC 4552 se encuentran los valores de DDT para las principales ciudades y poblaciones de Colombia.

Para el caso de este proyecto se toma Piendamo (Cauca) el rango de 1,2 descargas al año en áreas de 9 Km2.

Ciudad		Rango DDT (rayos / km2 x año) para áreas de 3 km x 3 km
Arauca	Puerto Inírida	
Barranquilla	Riohacha	
Bogotá	San Andrés	
Bucaramanga	San José del Guaviare	
Cali	Tumaco	
Cartagena	Tunja	
Cúcuta	Valledupar	
Florencia	Villavicencio	
Ipiales	Armenia	1,2
Leticia	Ibagué	
Mitú	Manizales	
Mocoa	Medellín	
Neiva	Montería	
Pasto	Ocaña	
Popayán	Santa Marta	
Puerto Carreño	Sincelejo	
	Yopal	



Tabla 1-2. Rango de DDT y Nivel Ceraunico - Tomados de la Norma Técnica Colombiana NTC 4552 Anexo A (Primera actualización).

5.1.3) Indicador de Exposición al Rayo:

Con los datos obtenidos anteriormente se puede determinar el valor del indicador del rayo con la tabla 1 de la Norma NTC 4552.

Densidad de descargas a tierra [Descargas/km^2 - año]	Corriente pico absoluta promedio [kA]		
	$40 \leq I_{abs}$	$20 \leq I_{abs} < 40$	$I_{abs} < 20$
$30 \leq DDT$			
$15 \leq DDT < 30$			
$5 \leq DDT < 15$			
$DDT < 5$			

Severos Altos

Medios Bajos

Tabla 2. Tomado de la Norma Técnica Colombiana NTC 4552 Anexo A (Primera actualización)

Para un valor de corriente promedio de 43 kA y un DDT es de 1.2 Descargas / km 2 – año, Obtenemos un indicador MEDIOS.

5.1.4) Indicador de Gravedad:

Para determinar el valor del indicador de gravedad se deben sumar los valores obtenidos por los subindicadores e implementar la tabla 2 de la Norma NTC 4552.

Proyecto: "ASPROSI"
Elaborado por: Jairo Antonio Mosquera
Ingeniero Electricista

IUSO = Subindicador relacionado con el uso de la estructura.
ITIPO = Subindicador relacionado con el uso de la estructura.
I GRAVEDAD = IUSO + I TIPO + I AA
I AA = Subindicador relacionado con la altura y el área de la estructura

Clasificación de estructuras	Ejemplos de estructura	Indicador
A	Teatros, centros educativos, iglesias, supermercados, centros comerciales, áreas deportivas al aire libre, parques de diversión, aeropuertos, hospitales, prisiones	40
B	Edificios de oficinas, hoteles, viviendas, grandes industrias, áreas deportivas cubiertas.	30
C	Pequeñas y medianas industrias, museos, bibliotecas, sitios históricos y arqueológicos	20
D	Estructuras no habitadas	0

Tabla 3. Subindicador relacionado con el tipo de estructura.

Tipo de estructura	Indicador
No metálica	40
Mixta	20
Metálica	0

Tabla 4. Subindicador relacionado con el tipo de estructura.

Altura y área de la estructura	Indicador
Área menor a 900 m^2	
Altura menor a 25 m	5
Altura mayor o igual a 25 m	20
Área mayor o igual a 900 m^2	
Altura menor a 25 m	10
Altura mayor o igual a 25 m	20

Tabla 5. Subindicador relacionado con la altura y el área de la estructura.

Extrayendo los valores de las tablas tenemos:

CARACTERISTICAS DE LA ESTRUCTURA		DEFINICIÓN	INDICADOR
Uso de la estructura	**Clase B**	Pequeñas y medianas industrias, museos, bibliotecas, sitios históricos y arqueológicos	30
Tipo de la estructura		Mixta	20
Altura y Área de la estructura		Área menor o igual a 900 m cuadrados y altura menor a 25 m	20

Tabla 6. Resumen de características Calculo de Indicador de Gravedad.

I GRAVEDAD = IUSO + I TIPO + I AA, *I GRAVEDAD = 30 + 20 + 10,*

I GRAVEDAD = 70

Resultado de la suma de subindicadores de estructura	Indicador de Gravedad
0 a 35	Leve
36 a 50	Baja
51 a 65	Media
66 a 80	Alta
81 a 100	Severa

Tabla 7. Indicador de gravedad.

Para concluir sobre el nivel de riesgo se ponderan los indicadores de exposicion al rayo y de gravedad con la tabla siguiente:

GRAVEDAD / PARÁMETROS	Severa	Alta	Media	Baja	Leve
Severo					
Alto					
Medio					
Bajo					

Nivel de Riesgo de la estructura

ALTO

MEDIO

BAJO

Tabla 8. Indicador de Riesgo.

Con indicador de exposición Medio y un indicador de gravedad Baja, Obtenemos un nivel de riesgo **MEDIO**.

- **Matriz de Riesgo:**

Con el fin de evaluar el nivel de riesgo de tipo eléctrico, se puede aplicar la siguiente matriz para la toma de decisiones (Tabla 9). El método a seguir para cualquier caso, es el siguiente:

- Definir el factor de riesgo que se quiere evaluar.
- Definir si el riesgo es real o potencial
- Determinar las consecuencias para las personas, económicas, ambientales y de imagen de la empresa. Esto se estima dependiendo del caso en particular que se analiza.
- Buscar el punto de cruce dentro de la matriz correspondiente a la consecuencia (1, 2, 3, 4, 5) y a la frecuencia determinada (A, B, C, D, E): esta será la valoración de riesgo para cada clase.
- Repetir el proceso para la siguiente clase hasta que cubra todas las posibles pérdidas.
- Tomar el caso más crítico de los cuatro puntos de cruce, el cual será la categoría o nivel del riesgo.
- Tomar las decisiones o acciones, según lo indicado en la tabla 13.

Proyecto: "ASPROSI"
Elaborado por: Jairo Antonio Mosquera
Ingeniero Electricista

RIESGO A EVALUAR:	ELECTROCUTAR	por	DESCARGA ATMOSFERICA	(al) o (en)	RAYO
	EVENTO O EFECTO (Ej. Quemaduras)		FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej. Arco eléctrico)		FUENTE (Ej. Celda de 13,8 KV)

POTENCIAL [X] REAL [ ]

CONSECUENCIAS						FRECUENCIA				
	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: _____

INGENIERO ELECTRICISTA	JUAN JOSÉ MOSQUERA SAAVEDRA	

Tabla 9. Matriz de Nivel de Riesgo

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	los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	• ¿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.

INGENIERO ELECTRICISTA	JUAN JOSÉ MOSQUERA SAAVEDRA	

Tabla 10. Decisiones y acciones para controlar el riesgo

En la matriz de riesgo (tabla 9) se logra analizar que el nivel de riesgo para el proyecto "ASPROSI", es MEDIA por lo que las decisiones y el trabajo a ejecutar en ella se deben realizar según como se indica en la tabla 10, cumpliendo con el reglamento vigente RETIE. De acuerdo al nivel de riesgo del SIPRA se debe seguir las siguientes acciones recomendadas como se indica en la tabla 11.

Nivel de riesgo	Acciones recomendadas
NIVEL DE RIESGO BAJO	SPI para acometidas aéreas
	Cableados y PT según NTC 2050 – IEEE 1100
NIVEL DE RIESGO MEDIO	SPI
	Cableados y PT según NTC 2050 – IEEE 1100
	SPE
NIVEL DE RIESGO ALTO	SPI
	Cableados y PT según NTC 2050 – IEEE 1100
	SPE
	Plan de prevención y contingencia

Tabla 11. Acciones recomendadas según el nivel de riesgo

Nota: Se vuelve un nivel de riesgo medio, debido al estudio apantallamiento eléctrico que se realizó anteriormente. (Estudio efectúa en ítem " D) Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.", cual nos definió que el proyecto NO requiere implementación de elementos para protección de descargas atmosféricas.

Resumen de Riesgo Eléctrico, como se debe prevenir y ejecutar:

COLOR	NIVEL MEDIO	DESICIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Medio	Aceptable. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo y un coordinador SISO para ejecutar las redes del proyecto	El lider del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de area aprueba el permiso (PT) según procedimiento

B) Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.

	SI	N/A	JUSTIFICACION (EN CASO DE N/A)
¿Se adjunta documentación del ítem?	X		

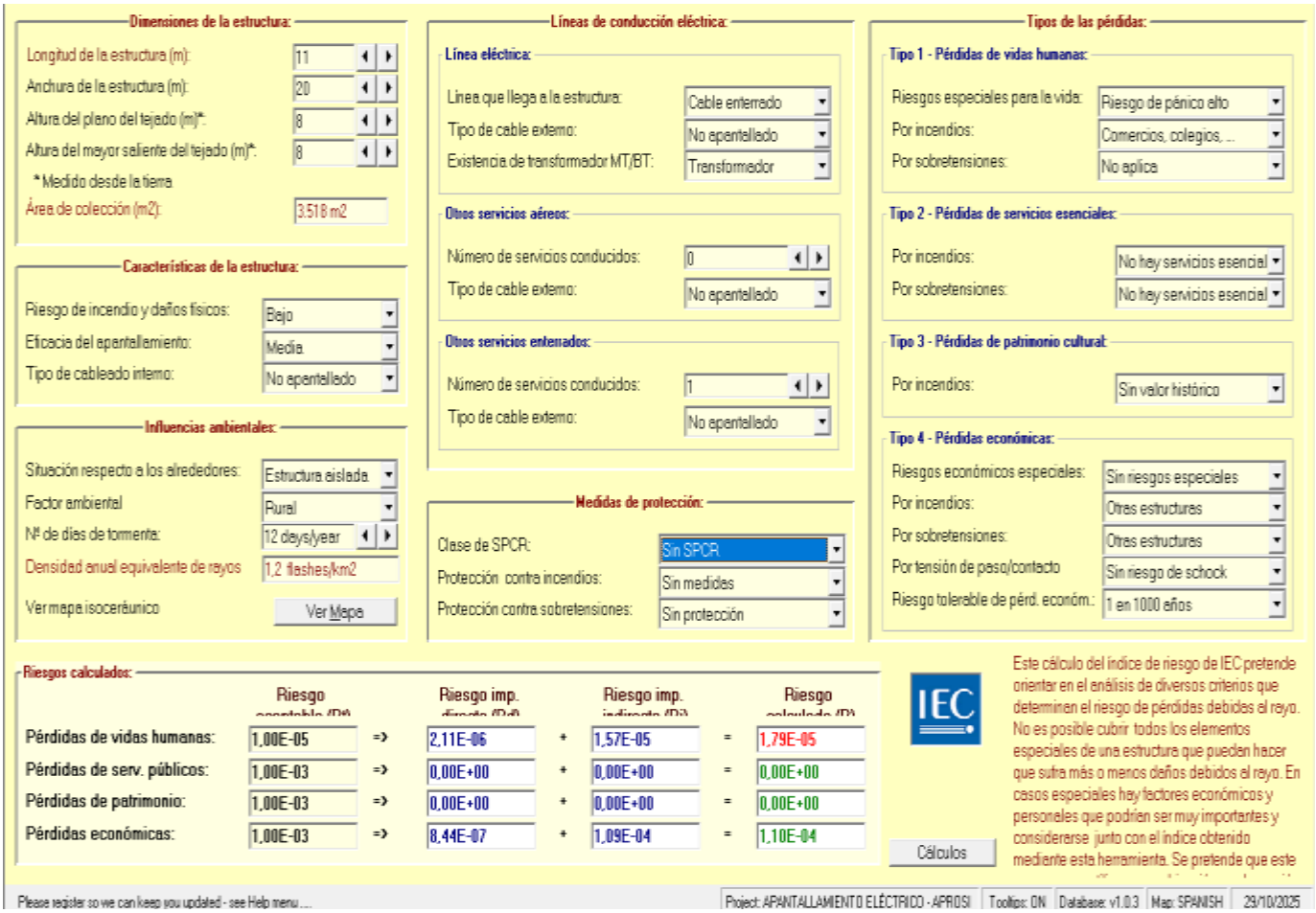
- **RECOMENDACIONES DE COMPORTAMIENTO FRENTE A RAYOS:**

Proyecto: "ASPROSI"
Elaborado por: Jairo Antonio Mosquera
Ingeniero Electricista

a. Análisis y Desarrollo del Apantallamiento Eléctrico:

A continuación, se introducirán los datos de la estructura en el software IEC Risk Assesment Calculator y se analizarán los resultados con el objetivo de realizar el mayor esfuerzo posible para implementar una zona segura cuando se presenten descargas atmosféricas.

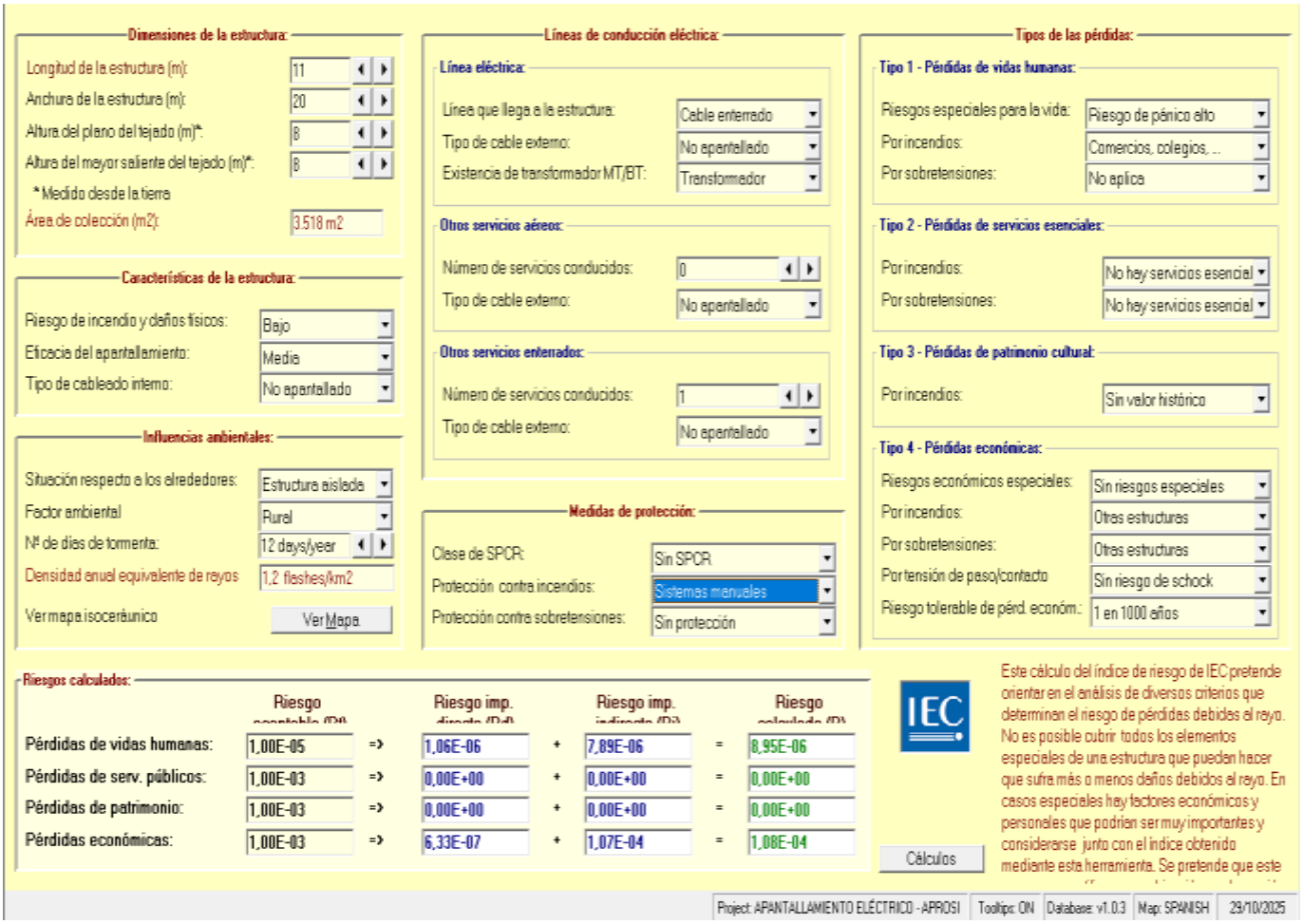
ESCENARIO 1: Sin Protección.



Teniendo en cuenta los resultados obtenidos por el software de simulación se concluye que el riesgo total calculado es mayor que el riesgo máximo tolerable, por lo cual se requiere implementar medidas de protección contra descargas atmosféricas para la estructura estudiada, buscando disminuir el nivel de riesgo a rangos tolerables. En los siguientes escenarios se procederá a buscar el nivel de protección adecuado para el proyecto "ASPROSI".

ESCENARIO 2: Sin Nivel de protección, pero con protección contra incendios. (Protección manual)

Proyecto: "ASPROSI"
Elaborado por: Jairo Antonio Mosquera
Ingeniero Electricista



Con los resultados obtenidos nuevamente por el software de simulación se concluye que el riesgo total calculado NO sigue siendo mayor que el riesgo máximo tolerable, por lo cual NO se requiere implementar otra medida para mitigar el impacto de descargas atmosféricas para la estructura estudiada, proyecto "ASPROSI".

Adicionalmente se harán unas recomendaciones en caso de que ocurran eventos atmosféricos.

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.

c) Viviendas y edificaciones con un sistema adecuado de protección contra rayos.

d) Refugios subterráneos.

e) Automóviles y otros vehículos cerrados, con carrocería metálica

f) De ser posible, evite los siguientes lugares, que ofrecen poca o ninguna protección:

g) Bajo los árboles con mayor riesgo de impacto de rayos, es decir, los más altos.

h) Campos deportivos abiertos.

i) Tiendas de campaña y refugios temporales en zonas despobladas.

j) Vehículos descubiertos o no metálicos.

k) Torres de comunicaciones o de energía eléctrica.

l) En los siguientes lugares extreme precauciones:

m) Terrazas de edificios.

n) Terrenos deportivos y campo abierto.

o) Piscinas y lagos.

p) Cercanías de líneas eléctricas, cables aéreos, cercas ganaderas, mallas eslabonadas, vías de

q) ferrocarril y tendederos de ropa.

r) Árboles aislados.

s) Torres metálicas (de comunicaciones, de líneas de alta tensión, etc.

t) Si debe permanecer en un lugar con alta densidad de rayos a tierra:

u) Busque zonas bajas.

v) Busque zonas pobladas de árboles, pero evitando árboles aislados.

w) Busque edificaciones y refugios seguros.

x) Si tiene que escoger entre una ladera y el filo de una colina, sitúese en el filo.

y) Si se encuentra aislado en una zona donde se esté presentando una tormenta eléctrica:

z) No se acueste sobre el suelo.

aa) Junte los pies.

bb) Adopte la posición de cuclillas.

cc) No coloque las manos sobre el suelo.

dd) No se escampe bajo un árbol.

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

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

Proyecto: "ASPROSI"
Elaborado por: Jairo Antonio Mosquera
Ingeniero Electricista

C) Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos:

	SI	N/A	JUSTIFICACION (EN CASO DE N/A)
¿Se adjunta documentación del ítem?	X		

➢ Indicar la cantidad de total de cargas con sus respectivos circuitos.

O KVA USUARIOS:

"ASPROSI" – Transformador de 75 KVA

- **SUMATORIA DE CARGAS:**

CALCULO DEL DE LA ACOMETIDA										
BASADO EN LA NTC 2050 - SECCION 220										
KVA efec =	[	T1 + T2 + BCI + BJOCKEY]								
KVA efec =	[	20726	+	3286	+	22,38	+	5,00	]	
KVA efec =	[	51392								
SE INSTALARA UN TRANSFORMADOR DE 75 KVA										
CALCULO DE PROTECCION DEL TRANSFORMADOR										
Iefectivo =		75000	/220*1,73							
Iefectivo =		197,05	x1.25 amp							
Iefectivo =		246,32	amp							
PROTECCION DE 3x250 AMPERIOS										
EL CONDUCTOR PARA ESTA ACOMETIDA ES THW DE Cu AISLADO										
4No.4/0 PARA LAS FASES Y NEUTRO, Y 1No.4/0 PARA LA TIERRA										
DUCTO 3 PULGADA										

Tabla 1. Selección del transformador y cálculo de acometida.

Transformador

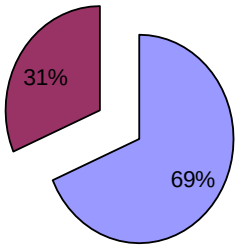
Menu Principal

Proyecto: 0

TX: TRAFO- 45KVA

Cargas del Transformador

N°	Descripción	Carga	Unidad	FP	Ef.	VA	W	VAR
1	CARGA	51392	VA	0,9		51392	46252,8	22401,25345
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								



Voltaje del sistema 220 V

$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

Sub Total 46252,80 22401,25

Total 51392 VA

Nota: todas las cargas se consideran trifásicas para fines del calculo, a menos que se exprese directamente en VA

Uso Reserva

Capacidad del Transformador **75 kVA**

68,52% Uso
31,48% Reserva
23,6 kVA Reserva

CARACTERISTICAS DE LAS CARGAS DEL PROYECTO:

75KVA: La carga Trifásica a instalar dio 51,4KVA y su consumo en kW es 61,4*0.9 =46,3kW; Con un Factor de cargabilidad del 68,5%.

Teniendo en cuenta el transformador seleccionado y la carga de operación a utilizar calculamos la carga operativa:

- **NOTA:** La CARGA OPERATIVA se utilizará en el cálculo económico del conductor.

D) Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico:

	SI	N/A	JUSTIFICACION (EN CASO DE N/A)
¿Se adjunta documentación del ítem?		X	

- Indicar tensión normalizada del sistema (V), análisis coordinación de aislamiento (BIL), elementos de aislamiento utilizados:

La coordinación de aislamiento eléctrico es la correlación de esfuerzos dieléctricos en los aislamientos de los diferentes componentes de un sistema eléctrico, con el objetivo de minimizar el riesgo de pérdida de suministro eléctrico, causado por sobretensiones que pudieran causar daños en equipos y distintos elementos de una instalación, dichas sobretensiones temporales pueden ocurrir por una gran variedad de causa, entre las más importantes tenemos: Descargas atmosféricas, Operación de interruptores y Fallas Línea-Tierra. El concepto de aislamiento eléctrico está muy relacionado con el nivel de tensión normalizado y sobretensiones de la red eléctrica. La coordinación de aislamiento consiste en la selección de una tensión normalizada de los equipos teniendo en cuenta las sobretensiones que puedan aparecer en el sistema. Involucra de igual manera la selección de los medios de protección apropiados considerando las condiciones ambientales de la zona con el fin de obtener un nivel de riesgo aceptable.

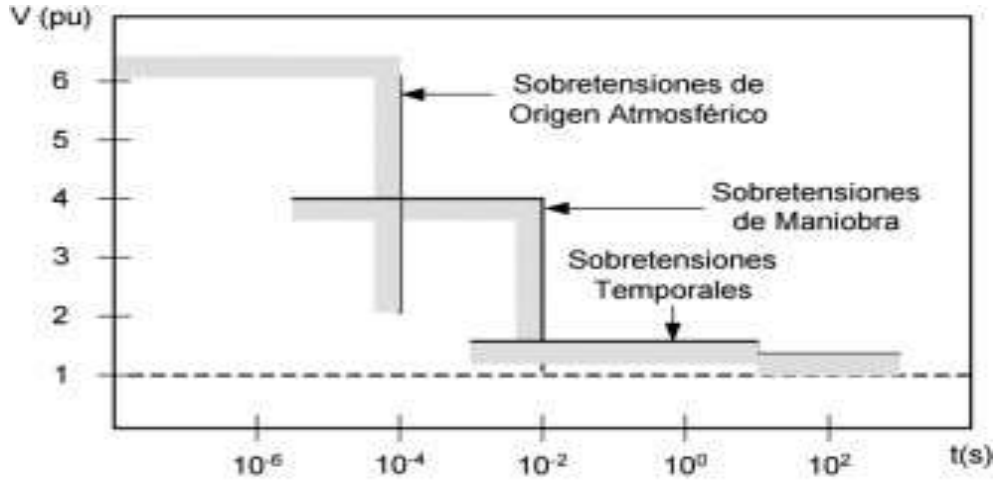


Figura B.1 Tipos de Sobretensiones del Sistema

Proyecto: "ASPROSI"
Elaborado por: Jairo Antonio Mosquera
Ingeniero Electricista

Cálculo del Nivel Básico de Aislamiento (BIL): El BIL es la tensión en kV de ensayo al choque de cresta soportada bajo lluvia a 60Hz durante un minuto y con onda de impulso de 1.2 µs/50 µs (tipo rayo). El nivel de aislamiento de los elementos de red seleccionados debe ser tal que brinde una adecuada protección frente a esfuerzos representados principalmente por sobretensiones y pérdida de aislamiento por contaminación.
BIL Para equipos de Baja Tensión: En baja tensión, el BIL se especifica para los equipos correspondientes al usuario y están normalizados en la norma NTC 4552-1 Tabla E.3. "Tensión al impulso que deben soportar los equipos".

Tabla B.3 BIL Normalizado para dispositivos de Baja Tensión

Nivel de tensón de operación de los equipos V	BIL Requerido en (kV)			
	Contadores	Tableros, Interruptores, Cables, etc.	Electrodomésticos, Herramientas portatiles	Equipo Electrónico
	Categoria IV	Categoria III	Categoria II	Categoria I
120/240; 120/208	4	2,5	1,5	0,8
254/440; 277/480	6	4	2,5	1,5

TENSIÓN NOMINAL DEL SISTEMA (kV)	NIVEL DE AISLAMIENTO – BIL (kV)
13,2	95
34,5	200

E) Análisis del nivel tensión requerido.

	SI	N/A	JUSTIFICACION (EN CASO DE N/A)
¿Se adjunta documentación del ítem?	X		

Media tensión (13.2 KV):
En el proyecto no cuenta con redes de media tensión (solo puentes), es un montaje de transformador de 15KVA, subestación tipo poste.
Baja tensión (110V-220V):
Se instalarán dos redes trifásicas en baja tensión la cual suplirá los tableros principales del proyecto. El nivel de tensión de uso final requerido en los circuitos del Proyecto es de 110 V-220V.

F) Cálculo de campos electromagnéticos.

	SI	N/A	JUSTIFICACION (EN CASO DE N/A)
¿Se adjunta documentación del ítem?		X	

Como lo establece el Reglamento Técnico de instalaciones Eléctricas 2024 (3.3.3.2. Cálculo de campos electromagnético), se deben realizar estudios y cálculos de campos electromagnéticos cuando se diseñan líneas o subestaciones de tensión superior a 57.5kv, hecho que no ocurre en el presente diseño.

En lo referente a redes de uso final del presente proyecto, se debe considerarla influencia de campos electromagnéticos si las personas tienen exposición de 8 horas o más a los valores de intensidad establecidos en la tabla 14.1 del reglamento.

Dado que, en este proyecto la red eléctrica en media tensión 13,2kv (Puentes de transformador), transformador 15 KVA y baja tensión:

- ❖ Utiliza equipos de potencia moderada.
- ❖ No atraviesa ni se instala en zonas de ocupación prolongada.
- ❖ Cumple las distancias de seguridad y normas técnicas vigentes.

Las razones por las que en este cálculo tampoco aplica para el presente diseño son las siguientes:

- ✓ No hay posibilidad que en las instalaciones aledañas se presenten densidades de flujo magnético mayores a mil microtesias e intensidades de campo electromagnético mayores a 8.3KV/m.
- ✓ Finalmente, la instalación eléctrica en cuestión es mucho menor a 57,5kV.
- ✓ No hay conductores transportando corrientes superiores a 1000A.
- ✓ Cumple las distancias de seguridad y normas técnicas vigentes.

G) Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.

	SI	N/A	JUSTIFICACION (EN CASO DE N/A)
¿Se adjunta documentación del ítem?		X	

La carga se calculó según carga demandada de equipos de la edificación:

- ✓ Se instalará una subestación tipo poste con transformador de: 15KVA.

H) Cálculo del sistema de puesta a tierra.

	SI	N/A	JUSTIFICACION (EN CASO DE N/A)
¿Se adjunta documentación del ítem?		X	

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA:

El presente informe tiene como objetivo presentar un informe en el cual se calcularán las tensiones de toque y de paso admisibles, resistencia de puesta a tierra, elevación del gradiente de potencial de tierra, entre otros, que conforman un sistema de puesta a tierra, aplicando la norma IEEE 802000, la cual nos permite obtener parámetros que sean seguros para las personas.

Proyecto: "ASPROSI"
Elaborado por: Jairo Antonio Mosquera
Ingeniero Electricista

Análisis y Desarrollo del Sistema de Puesta a Tierra:

Uno de los factores que influyen directamente sobre la resistividad, es el carácter geológico del terreno. En la Tabla 1 se indican los valores para los diferentes tipos de suelos, donde se ve que la resistividad del terreno toma valores muy distintos en función del tipo de terreno de que se trate.

Naturaleza del terreno	Resistividad (Ohm-m)
Terrenos cultivables y fértiles	50
Terraplenes compactos y húmedos	50
Terrenos cultivables poco fértiles	500
Suelos pedregosos desnudos arena seca, permeable	3000
Suelos rocosos fraccionados	6000
Suelos rocosos compactos	14000

Tabla 1. Resistividad de Suelos.

Por las características del terreno utilizaremos una resistividad de 50 (Ω*m) con un factor del 30% por encima de ella para mayor confiabilidad de nuestro sistema de puesta a tierra, garantizando cumplimiento con Retie, NTC 2050 y la norma IEEE 80-2000.

Resistividad del Terreno = (50 Ω*m)*1.30% = 65 Ω*m

A continuación con ayuda del software SPT_Excel basado en las normativas (IEEE 80-2000) y exigencias del Retie, también se realizaran los cálculos para las Tensiones de paso y de contacto, Se implementarán dos métodos para el cálculo de electrodos para el Sistema de Puesta a Tierra, los cuales están avalados por Reglamentos y Normas Nacionales con sus respectivas graficas detallando el comportamiento de la Tensión de Paso y Tensión de Contacto.

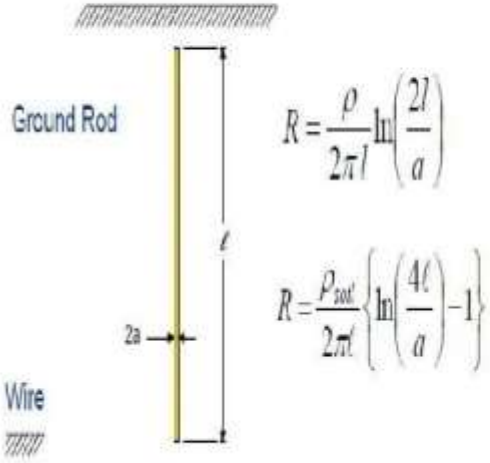
- Calculo de Resistencia de Electrodos de puesta a Tierra con:
  - Resistencia de Una varilla.
  - Resistencia de Dos varillas.

Proyecto: "ASPROSI"
Elaborado por: Jairo Antonio Mosquera
Ingeniero Electricista

Cálculo de Resistencia de Electrodos con Resistencia de Una varilla:

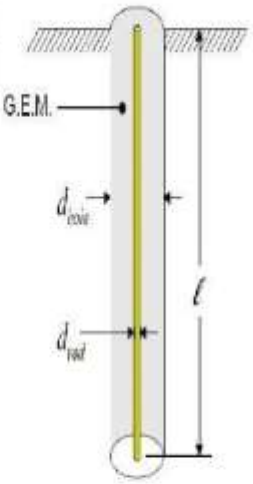
CALCULO DEL VALOR DE LA RESISTENCIA DE UNA VARILLA		
Resistividad del suelo	65.00	Ohmios-Metro
Resistividad del suelo mejorada	0.800	Ohmios-Metro
Espesor de la capa de tierra artificial	0.0254	Metros
Longitud de la varilla	2.400	Metros
Diámetro de la Varilla	1/2" Ø	Metros
Resistencia calculada sin tierra artificial	24.26	Ohmios
Resistencia calculada con tierra artificial	24.3	Ohmios

Resistividad del Favigel	0.8 Ohmios-Metro
Varilla de 1/2"	0.0127 Metros
Varilla de 5/8"	0.0159 Metros
Varilla de 1"	0.0254 Metros



$$R = \frac{\rho}{2\pi l}\ln\left(\frac{2l}{a}\right)$$

$$R = \frac{\rho_{sol}}{2\pi l}\left\{\ln\left(\frac{4\ell}{a}\right) - 1\right\}$$



Equivalent Diameter Formula:

$$d_{equiv} = d_{total}\left(\frac{d_{rod}}{d_{total}}\right)^{\frac{\rho_{rod}}{\rho_{soil}}}$$

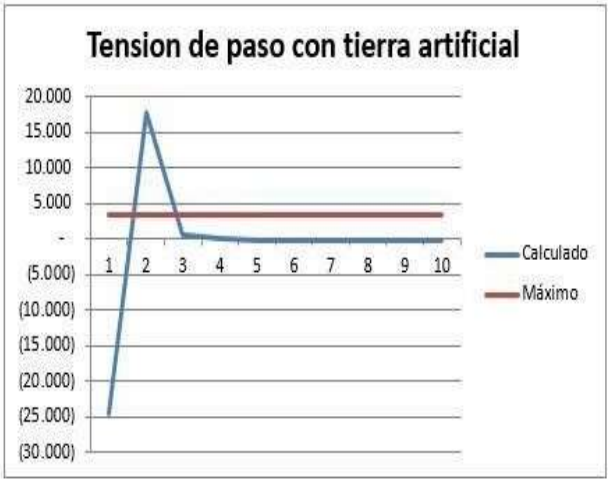
Substitution of above into Ground Rod Formula Yields:

$$R = \frac{1}{2\pi\ell}\left\{\rho_{grav}\ln\left(\frac{d_{hole}}{d_{rod}}\right) + \rho_{soil}\left(\ln\left(\frac{8\ell}{d_{hole}}\right) - 1\right)\right\}$$

or:

$$R = \frac{1}{2\pi\ell}\left\{\rho_{grav}\ln\left(\frac{d_{hole}}{d_{rod}}\right) + \rho_{soil}\ln\left(\frac{2.943\ell}{d_{hole}}\right)\right\}$$





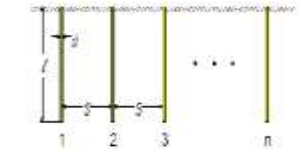
Proyecto: "ASPROSI"

Elaborado por: Jairo Antonio Mosquera
Ingeniero Electricista

Cálculo de Resistencia de Electrodos con Resistencia Dos Varillas:

CALCULO DEL VALOR DE LA RESISTENCIA DE DOS VARILLAS INTERCONECTADAS		
Resistividad del suelo	65	Ohmios-Metro
Longitud del contrapeso de interconexion	1.8	Metros
Longitud de las varillas	2.400	Metros
Calibre del Conductor	2	Metros
Resistencia mutua calculada	4.66	Ohmios
Resistencia equivalente calculada sin tierra artificial	2.56	Ohmios
Resistencia calculada con tierra artificial	0.68	Ohmios

"Tension de paso sin Tierra artificial" Rod Array



$$R_n = \frac{1}{n}\{R \quad (n \quad 1)R_m\}$$

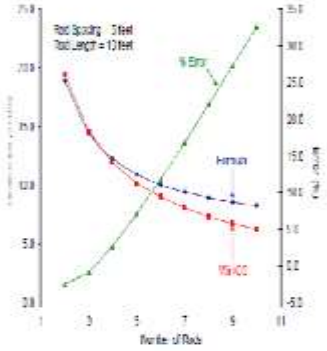
Where

R is the resistance of a single rod

and

$$R_m = \frac{\rho_{soil}}{2\pi\ell}\ln\left(\frac{1.475\ell}{S}\right)$$

Assumption: $S < \ell$



The total resistance of two electrodes in parallel is computed using:

$$R = \frac{R_a R_b - R_m^2}{R_a + R_b - 2R_m}$$

Where R_a and R_b are the self resistances of electrodes a and b, and R_m is the mutual resistance between electrodes a and b.

Straight Line Arrangement:

$$R_m = \frac{\rho_{soil}}{\pi\ell_H}\ln\left(\frac{2\ell_H}{\ell_V}\right)$$





Proyecto: "ASPROSI"

Elaborado por: Jairo Antonio Mosquera
Ingeniero Electricista

Tensiones de Contacto:

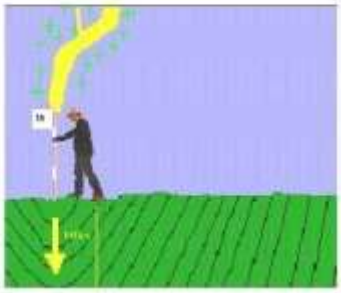
CALCULO DE CORRIENTES POR DIVISOR DE CORRIENTES		
Resistencia de puesta a tierra	65	Ohmios
Resistencia del cuerpo humano	1.000	Ohmios
Corriente de falla o descarga de los DPS	4.553	Amperios
Frente de onda para I descarga	2.678	di/dt
Tensión probable entre mano y bajante, ver Figura 5.7.1.5	3.999	Voltios

La tensión de toque esta dad por:

$$E_{toque\,50Kg} = \frac{116}{\sqrt{t_s}}$$

$$E_{toque50Kg} = (1000 + 1.5C_s \cdot \rho_s)\frac{0.116}{\sqrt{t_s}}$$

Tensión de Contacto maxima Calculada		
Resistividad superficial del terreno ρs	1000	Ohmios-metro
Altura de la capa superficial	0,15	Metros
Cs Factor de afectacion por la resistividad superficial	0,78	
Tiempo de exposición a la falla	0,05	Segundos
Tensión de Contacto maxima **MANO-MANO**	519	Voltios
Tensión de Contacto maxima **MANO-PIE**	1.129	Voltios



Tensión de Contacto Maxima Admisible		
Tension de contacto con una Varilla sola con tierra artificial	3.004.055	SI CUMPLE
Tension de contacto con dos Varillas	2.644.443	SI CUMPLE

$$E_t = k_m k_i \frac{\rho I}{L}$$

La tensión de contacto está dada por:

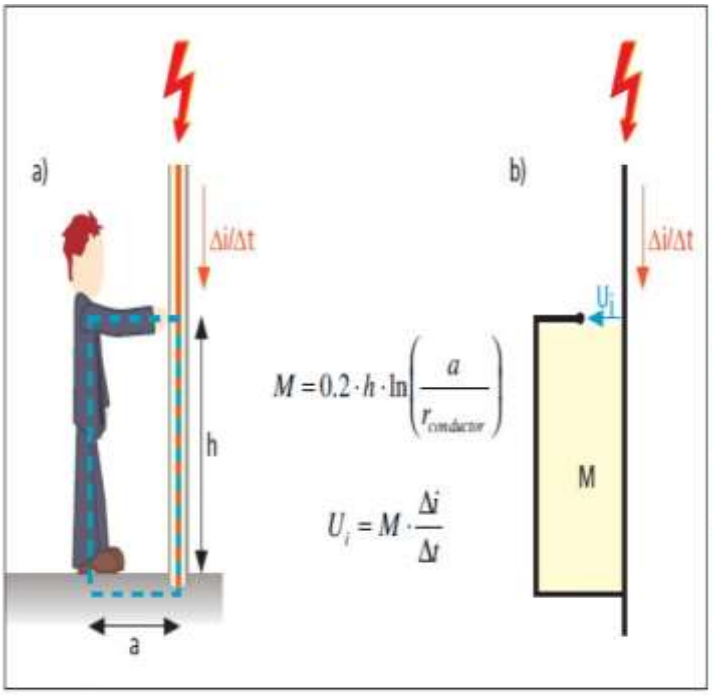


Fig. 5.7.1.5: a) Bucle derivador-persona
b) Inductancia mutua M y tensión inducida U_i

Tabla II. Efectos fisiológicos producidos por el paso de una intensidad eléctrica (50/60 Hz)

Intensidad	Efectos fisiológicos que se observan en condiciones normales
0 - 0,5 mA	No se observan sensaciones ni efectos. El umbral de percepción se sitúa en 0.5 mA
0,5 - 10 mA	Calambres y movimientos reflejos musculares. El umbral de no soltar se sitúa en 10 mA
10-25 mA	Contracciones musculares. Agarrotamiento de brazos y piernas con dificultad de soltar objetos. Aumento de la presión arterial y dificultades respiratorias.
25-40 mA	Fuerte tetanización. Irregularidades cardiacas. Quemaduras. Asfixia a partir de 4 s
40 - 100 mA	Efectos anteriores con mayor intensidad y gravedad. Fibrilación y arritmias cardiacas.
- 1 A	Fibrilación y paro cardiaco. Quemaduras muy graves. Alto riesgo de muerte.
1 - 5 A	Quemaduras muy graves. Parada cardiaca con elevada probabilidad de muerte

Proyecto: "ASPROSI"
Elaborado por: Jairo Antonio Mosquera
Ingeniero Electricista

Tensiones de Paso:

CALCULOS TENSIONES DE PASO						
Corriente posible de inyección en electrodo				6.158,000	Amperios	
Tipo de Electrodo	**Resistencia de puesta a tierra**	**Tension de Paso Máxima admisible. Calculada**	**Tensión en punto de inyeccion de corriente. GPR**	**Potencial calculado a 1 metros**	**Potencial calculado a 2 metros**	**Potencial calculado a 3 metros**
Varilla con tierra artificial	24,3		74.820	32.681	31.028	31.068
Tensión de Paso Calculada para una Varilla		3.441	(71.379)	42.139	1.653	(40)
			3.441	3.441	3.441	3.441
Varilla sin tierra artificial	24,26		74.697	32.681	31.028	31.068
Tensión de Paso Calculada para una Varilla		3.441	(71.256)	42.016	1.653	(40)
			3.441	3.441	3.441	3.441
Dos varillas y contrapeso sin tierra artificial	3,06		9.422	32.304	30.789	30.911

Resumen de Resultados:

En el Proyecto "ASPROSI" se puede observar en el cuadro de resumen de resultados se los diferentes métodos aplicables para el cálculo de las tensiones de Paso y de Contacto, e informa cuales cumplen con los cálculos de verificación asumiendo una corriente de falla de 6158 Amperios, a una distancia de 1 metro. Se selecciona 1 metro de distancia debido a que es el desplazamiento máximo aproximado que hay en una persona al caminar (distancia entre sus piernas).

Se puede observar que se requiere implementar como mínimo el método de Dos Varillas, el cual cumple con la verificación de rangos tolerables de las Tensiones de Paso y de Contacto.

(La varilla debe tener una longitud de 2.4 metros y un diámetro de ½ pulgada).

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

	SI	**N/A**	**JUSTIFICACION (EN CASO DE N/A)**
¿Se adjunta documentación del ítem?	X		

CALCULO POR REGULACION Y CALCULO ECONOMICO POR CONDUCTORES:

En el software de "Cálculo de conductores" se insertan los datos del transformador y nos calcula las características de los conductores a utilizar en el proyecto, teniendo en cuenta las perdidas por regulación y las perdidas por costo del conductor.

En el software se seleccionan los conductores que soportarían la capacidad de corriente y que cumplen con los criterios de pérdidas económicas y perdidas por regulación.

CABLES THW						
Calibre AWG o kcmil	No. Hilos	Clase Cableado	Diámetro Conductor (mm)	Espesor Aislamiento (mm)	Diámetro Sobre Aislamiento (mm)	Peso Total Aprox (kg/km)
14	7	B	1,79	0,76	3,39	28
12	7	B	2,25	0,76	3,85	41
10	7	B	2,85	0,76	4,45	62
8	7	B	3,59	1,14	5,97	103
6	7	B	4,52	1,52	7,69	166
4	7	B	5,71	1,52	8,88	247
2	7	B	7,20	1,52	10,37	373
1	19	B	7,90	2,03	12,08	479
1/0	19	B	8,88	2,03	13,06	589
2/0	19	B	9,96	2,03	14,15	727
3/0	19	B	11,19	2,03	15,37	899
4/0	19	B	12,56	2,03	16,75	1115
250	37	B	14,18	2,41	19,15	1337
350	37	B	16,78	2,41	21,75	1828
500	37	B	20,04	2,41	25,01	2558

Tabla 6. Parámetros básicos conductor Al THHWN

- **CALCULO DE ACOMETIDAS O ALIMENTADORES EN CONDUCTORES DE COBRE EN DUCTO Y CRITERIO DE PERDIDAS:**

A continuación, se procederá a escoger el conductor adecuado para el proyecto

PARA LA ACOMETIDA EN CALIBRE #2 ALUMINIO DEL PROYECTO:

OPCION 1: CABLE # 4/0				
CALIBRE	TEMP.	MATERIAL	COR. Temp	Capacidad
4/0	75°C	COBRE	36-40	
Cap. Nominal	205 A			184,5
Factor Correc.	0,9			
OPCION 2: CABLE # 250MCM				
CALIBRE	TEMP.	MATERIAL	COR. Temp	Capacidad
250MCM	75°C	COBRE	36-40	
Cap. Nominal	230 A			207
Factor Correc.	0,9			

Tabla 7. Capacidad de Corriente que soporta el cable de la acometida del proyecto

Proyecto: "ASPROSI"

Elaborado por: Jairo Antonio Mosquera
Ingeniero Electricista

OPCION	SELECCION CONDUCTOR		
#1	Calibre	4/0	Cu
	Peso Kg/Km:	595	
#2	Calibre	250MCM	Cu
	Peso Kg/Km:	732	

Tabla 8. Selección del conductor

CÁLCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES EN COBRE THHW CT SELCCIÓN DE CABLES CENTELSA O SIMILAR CARACTERISTICAS									
Opción	**Selección del conductor**		**#conductor por fase**	**Costo comercial del conductor (m):**	**Costo del conductor (Kg/m)**	**% carga estimada**	**Capacidad corriente (A)**	**COSTO TOTAL 20 AÑOS**	**ESTADO**
#1	4/0	Cu	1	$ 97.000	$ 57.715	88%	184,5	$ 23.280.000,00	APLICA
#2	250MCM	Cu	1	$ 123.000	$ 90.036		207	$ 19.015.603,20	N.A.

Tabla 9. Calculo económico de conductor

Podemos observar que el calibre adecuado por corriente y costo económico es:

- Cable Cobre #4/0 un conductores por fase.

J) 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.

	SI	N/A	JUSTIFICACION (EN CASO DE N/A)
¿Se adjunta documentación del ítem?	X		

- Indicar en una tabla resumen cada uno de los conductores que componen la red eléctrica (en MT y BT) comparando las corrientes calculadas con las máximas que se pueden presentar.
- Indicar el tipo de protección de cada conductor y su tiempo de disparo en caso de una falla.

- **CONDUCTOR Y TIEMPO DE DISPARO:**

Validando la capacidad de corriente de cada conductor seleccionado con la protección calculada se puede observar que la verificación del conductor cumple conforme a la Norma.

K) Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos

	SI	N/A	JUSTIFICACION (EN CASO DE N/A)
¿Se adjunta documentación del ítem?	X		

No aplica. El proyecto no cuenta con estructuras.

Proyecto: "ASPROSI"
Elaborado por: Jairo Antonio Mosquera
Ingeniero Electricista

L) Cálculo y coordinación de protecciones contra sobre corriente, En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitaciones de corrientes de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A.

	SI	N/A	JUSTIFICACION (EN CASO DE N/A)
¿Se adjunta documentación del ítem?	X		

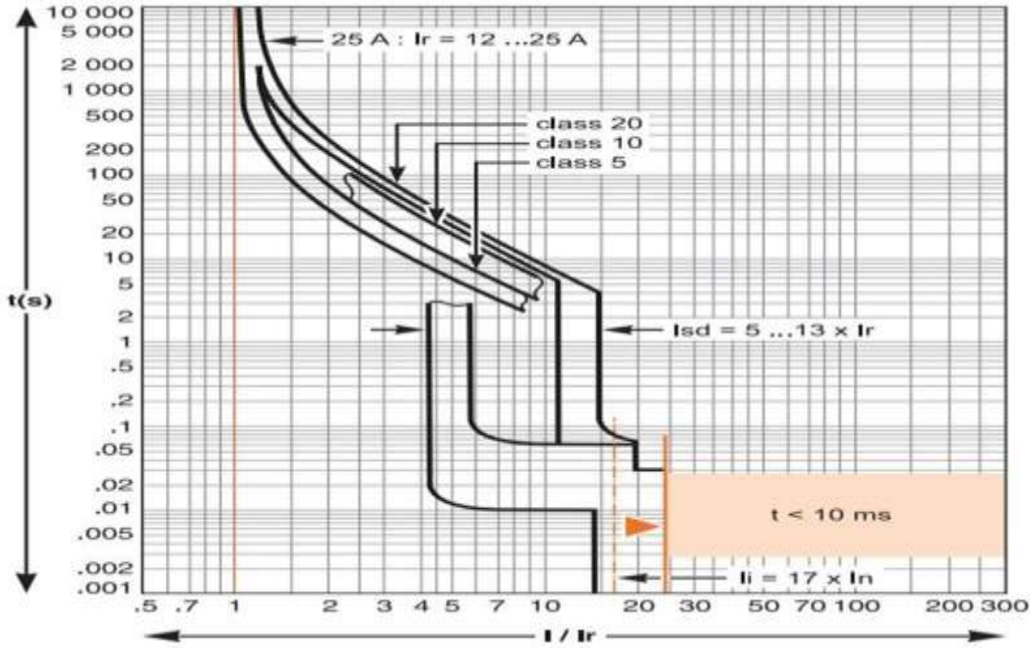
La coordinación de protección se planteó con el siguiente detalle:

(1) Viene una red aérea existente de media tensión alimentar al transformador de 75 KVA y se instalan unas protecciones de "Fusible H 5 Amp", (Selección según tabla en plano)

(2) continua una red subterránea en baja tensión que alimenta el gabinete principal del proyecto que cuenta con un totalizador de 200 Amp y de este gabinete se derivan acometidas con parciales de protección de:

(3) 3x100 Amp, 2x40Amp y 3x40 Amp, hasta las cargas de cada tablero de breaker para controlar portecciones de 1x20 Amp y 2x40 Amp, para proteger los circuitos de uso final. Ver plano, Se verifico que la capacidad de corriente de los interruptores, protegerá su respectiva acometida. (Baso en la tabla 310-16 – NTC2050).

Se anexa la curva de protección del interruptor automático tripolar.



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

	SI	N/A	JUSTIFICACION (EN CASO DE N/A)
¿Se adjunta documentación del ítem?	X		

- Calcular el tamaño de los elementos de conducción del cableado eléctrico (tubo, cárcamo, canaleta, etc.) y garantizar que cumplen con espacios de reserva.
- Informar tipo de ducto a utilizar.

El dimensionamiento de la tubería conduit para canalizar las acometidas eléctricas y los circuitos alimentadores, se realiza siguiendo la tabla C11 del apéndice C de la NTC2050, de acuerdo al calibre de alambre o cobre. Esta tubería esta especificada en planos eléctricos. Ver Tablas en Plano eléctrico y anexos de dimensionamiento de cajas eléctricas.

NOTA: Este proyecto tienen acometidas aéreas y no requieren la implementación de canalizaciones.

N) Áreas clasificadas como peligrosas:

	SI	N/A	JUSTIFICACION (EN CASO DE N/A)
¿Se adjunta documentación del ítem?		X	

El proyecto en cuestión corresponde a residencial y/o comercial, cuyo uso previsto está orientado al desarrollo de actividades tales como:

- ❖ Vivienda familiar y/o personal
- ❖ Oficinas y puestos de trabajo.
- ❖ Servicios al público (almacenes, tiendas, oficinas comerciales).
- ❖ Actividades que no implican manejo, generación ni almacenamiento de materiales explosivos o inflamables.

No Aplica.

Debido a que el proyecto no se tienen actividades y áreas que generen atmosferas de gases o vapores inflamables o críticas, que generen riesgo extraordinario o fuera de lo normal NO SE CONSIDERA NECESARIO LA CLASIFICACIÓN DE ÁREAS para el presente proyecto.
Según la NTC 2050 - Capítulo 5 (Art. 500 y ss.), los lugares clasificados como peligrosos deben tener evidencia o documentación técnica del riesgo presente, lo cual no aplica en este diseño.

O) Elaboración de diagramas unifilares.

	SI	N/A	JUSTIFICACION (EN CASO DE N/A)
¿Se adjunta documentación del ítem?	X		

Indicar la ubicación de todos los elementos de la red a construir con sus respectivas características técnicas. Indicar puntos de referencia de red existente.

Ver Plano Eléctrico.

P) Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción:

	SI	N/A	JUSTIFICACION (EN CASO DE N/A)
¿Se adjunta documentación del ítem?	X		

Indicar dentro del plano localización geográfica, localización general, planta de la subestación (si aplica), diagrama unifilar, convenciones, notas aclaratorias, resumen del proyecto, rotulo corporativo. Se debe diferenciar claramente la red existente y la red proyectada.

Q) Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.

	SI	N/A	JUSTIFICACION (EN CASO DE N/A)
¿Se adjunta documentación del ítem?	X		

Toda la documentación (Tablas, imágenes e información) se extrajo de las normativas y reglamentos vigentes nacionales (NTC 2050, NTC 4552, RETIE, Normativa de CEO y Normativa de vigente para poder dar cumplimiento eléctrico al desarrollo del proyecto.

R) Establecer las distancias de seguridad requeridas:

	SI	N/A	JUSTIFICACION (EN CASO DE N/A)
¿Se adjunta documentación del ítem?	X		

Garantizar que las instalaciones proyectadas cumplen con las distancias de seguridad solicitadas por el RETIE en el capítulo 13 de acuerdo al tipo de proyecto.

DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD EN ZONAS CON CONSTRUCCIONES:

Respecto a las distancias de seguridad en la construccion, se debe tener en cuenta lo estipulado en el capitulo 13.1 del RETIE, el cual especifica las distancias mínimas de seguridad que deben guardar las partes energizadas respecto de las construcciones, para su interpretación se debe tener en cuenta en la Tabla 13.1. y la Figura 13.1.

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

Igualmente, en instalaciones construidas bajo criterio de la norma IEC 60364, para tensiones mayores de 1 kV, se deben tener en cuenta y aplicar las distancias de la IEC 61936 -1.

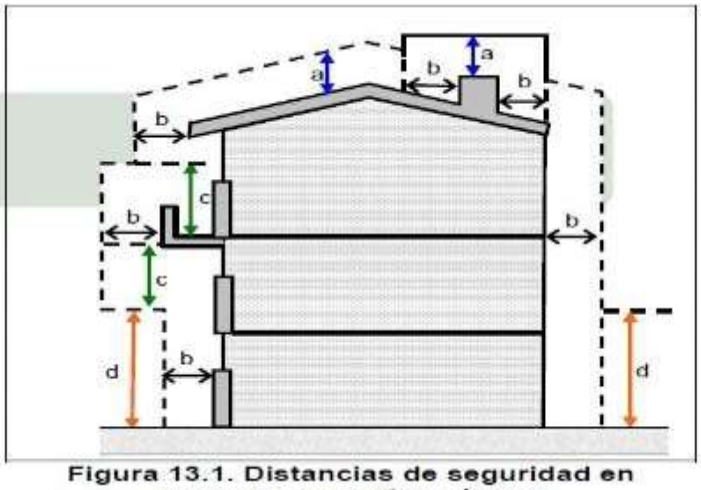


Figura 13.1. Distancias de seguridad en zonas con construcciones

Únicamente se permite el paso de conductores por encima de construcciones (distancia vertical "a") cuando el tenedor de la instalación eléctrica tenga absoluto control, tanto de la instalación eléctrica como de las modificaciones de la edificación o estructura de la planta. Entendido esto como la administración, operación y mantenimiento, tanto de la edificación como de la instalación eléctrica. El capitulo 13.1 RETIE en ningún caso permite el paso de conductores de redes o líneas del servicio público, por encima de edificaciones donde se tenga presencia de personas.

Proyecto: "ASPROSI"
Elaborado por: Jairo Antonio Mosquera
Ingeniero Electricista

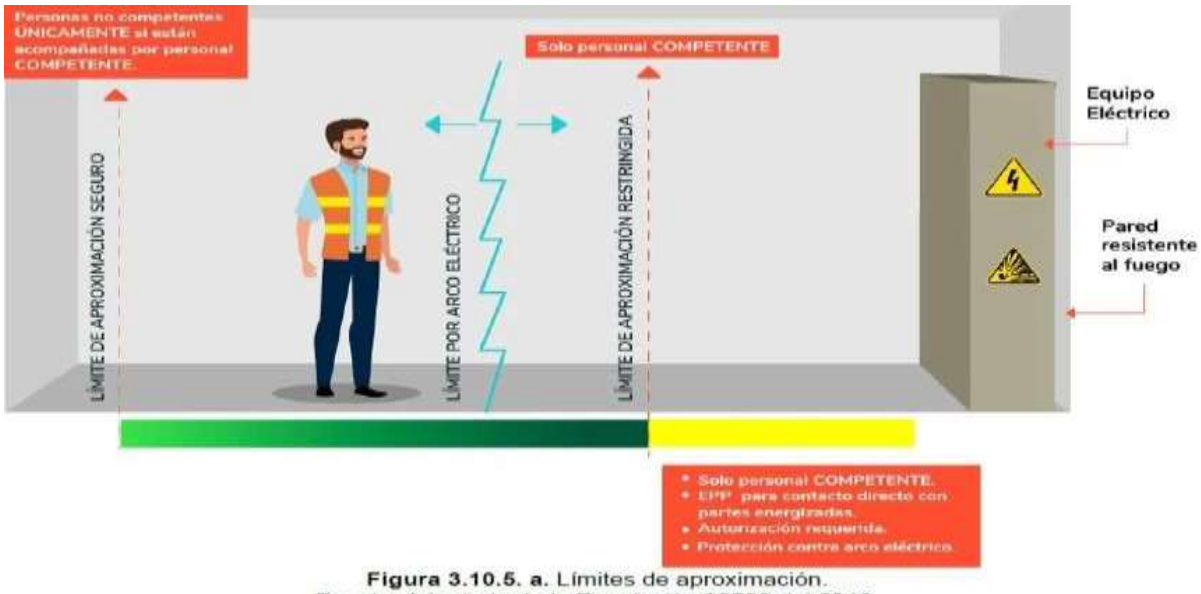


Figura 3.10.5. a. Límites de aproximación.
Fuente: Adaptada de la Resolución 90708 del 2013.

El "Articulo 13.4 Distancias mínimas para trabajos en o cerca de partes energizadas", habla sobre las partes en que el trabajador pueda estar expuesto eléctricamente seguro. Según la Tabla 13.7 y figura 13.4 del Retie se debe cumplir las distancias mínimas de aproximación a equipos energizados, líneas de trasmisión y líneas de distribución.

Tensión nominal del sistema (fase – fase)	Límite de aproximación seguro [m]		Límite de aproximación restringida (m) Incluye movimientos involuntarios.	Límite de aproximación técnica (m)
	Parte móvil expuesta	Parte fija expuesta		
50 V – 300 V	3,0	1,0	Evitar contacto	Evitar contacto
301 V – 750 V	3,0	1,0	0,30	0,025
751 V – 15 kV	3,0	1,5	0,7	0,2
15,1 kV – 36 kV	3,0	1,8	0,8	0,3
36,1 kV – 46 kV	3,0	2,5	0,8	0,4
46,1 kV - 72,5 kV	3,0	2,5	1,0	0,7
72,6 kV – 121 kV	3,3	2,5	1,0	0,8
138 kV - 145 kV	3,4	3,0	1,2	1,0
161 kV - 169 kV	3,6	3,6	1,3	1,1
230 kV - 242 kV	4,0	4,0	1,7	1,6
345 kV - 362 kV	4,7	4,7	2,8	2,6
500 kV – 550 kV	5,8	5,8	3,6	3,5

Tabla 13.7. Distancias mínimas para trabajos en o cerca de partes energizadas en corriente alterna

Los conductores pueden ser colocados adyacentes a las construcciones, siempre y cuando las distancias verticales y horizontales no sean menores que las indicadas por la TABLA 87, bajo las siguientes condiciones:
Cuando los conductores discurran por encima y a lo largo de las instalaciones, las separaciones se respetarán teniendo en cuenta la temperatura máxima del conductor (50 ºC) sin desplazamiento de viento (flecha final).

Proyecto: "ASPROSI"
Elaborado por: Jairo Antonio Mosquera
Ingeniero Electricista

TABLA 87. Distancia Mínima de Conductores por Zonas con Construcciones

DESCRIPCIÓN		DISTANCIA DE SEGURIDAD MÍNIMA (M)
Horizontal	Anuncios, chimeneas, antenas, etc. No accesibles a personas y que no requieran mantenimiento (pintura, limpieza, cambio de partes).	N/A para conductores aislados
	Zonas de edificios, muros, proyecciones, ventanas, independientemente de la facilidad de la accesibilidad de las personas	N/A para conductores aislados
Vertical (*)	Anuncios, chimeneas, antenas, zonas de edificios, etc. No accesibles a personas	0,45
	Zonas accesibles a personas y de tránsito de vehículos de menos de 2,45 m de altura	3,5
	Carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular.	5

(*) Las distancias verticales se respetarán tanto por encima como por debajo de la superficie de referencia en las condiciones indicadas en este apartado.

Tabla de norma Operador de Red.

Conclusión:

A pesar de que hay redes de distribución cercanas y servidumbres aledañas a la construcción, el proyecto cumple con todos los requerimientos del Artículo 13 del Retie, el cual especifica las distancias de seguridad y los límites de aproximación segura. Por lo tanto, se determina que el proyecto "ASPROSI" es eléctricamente seguro para el trabajador o las personas que se encuentren a su alrededor, siempre y cuando cumplan con los límites de aproximación.

(Ver señalización en el plano)

S) 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:

	SI	N/A	JUSTIFICACION (EN CASO DE N/A)
¿Se adjunta documentación del ítem?		X	

- Informar si existen posibles desviaciones o incumplimientos de la NTC 2050, garantizando que dichas situaciones no involucran la seguridad de personas o instalaciones.

No Aplica: El proyecto cumple cabalmente con toda la normativa NTC2050 y Retie.

T) V. Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.

	SI	N/A	JUSTIFICACION (EN CASO DE N/A)
¿Se adjunta documentación del ítem?		X	

-Informar cuando se presenten alguno de los estudios mencionados y el porqué de su necesidad.

No Aplica:

U) Selección, cálculo y especificación de equipos de generación de energía convencionales y no convencionales.

	SI	N/A	JUSTIFICACION (EN CASO DE N/A)
¿Se adjunta documentación del ítem?		X	

El proyecto se alimentada con energía conectada a red, por media tensión con transformador de 75 KVA.

No Aplica:

El proyecto no cuenta con estudios ni implementación de energía alternativa o energía convencional.



JAIRO ANTONIO MOSQUERA
M.P 17205-19908 CALDAS
ING. ELECTRICISTA