Villavicencio, 2 de octubre de 2.023

Señores

Electrificadora del Meta EMSA S.A.E.S.P
Ing. Luis Fernando Nieto Perico
Gerente distribución (e)
Villavicencio

ASUNTO: CORRECCIONES-PROYECTO ELÉCTRICO "Construcción electrificación predio rurales Yucao sector triángulo del puma conexión B"- Puerto López(META).

De manera más atenta solicito cordialmente su atención para la valoración y aprobación del proyecto eléctrico "Construcción electrificación predios rurales Yucao sector triángulo del puma conexión B" ubicado en la vereda Yucao-Triángulo del Puma del municipio de Puerto López (Meta).

El proyecto consiste con la instalación de un transformador de 5kVA monofásico a 13.200/(240-120)V tipo poste y 2850m de red en media tensión [13,2kV] según diseño eléctrico que se anexa.

La conexión eléctrica hará sobre el circuito de EMSA a 13,2KV desde el punto de la red EMSA de coordenadas:

- **N 04° 06' 32,48"**
- **W72° 33' 52,85"**

El proyecto cuenta con la factibilidad de servicio vigente expedida por EMSA.

ANEXO:

- Documento con especificaciones técnicas, memorias de cálculo, documentación del ingeniero proyectista y anexos técnicos.
- Planos del proyecto eléctrico en formato PDF.
- Planos del proyecto eléctrico en formato DWG.
- Comprobante de la consignación

Gracias por su atención,

Atentamente:

Jorge Andrés Zambrano Correa
Ingeniero Electricista
M.P QN205-72854

FORMATO DE SOLICITUD DE REVISIÓN DE ESTUDIOS O DISEÑOS

I. Datos solicitud

1. No de solicitud del servicio	022
2. No de factibilidad del servicio	GD-PE-20234100271171
3. Nombre del proyecto	CONSTRUCCIÓN ELECTRIFICACIÓN PREDIOS RURALES VEREDA YUCAO SECTOR TRIÁNGULO DEL PUMA CONEXIÓN B
4. Documento que se presenta para revisión	Estudio [ ] Diseño [X]

II. Información propietario e ingeniero diseñador

1. Nombre Constructura * Junta de acción comunal de la vereda Matazul-Yucao

2. NIT * P.J 316 de 2006-10-13

* Si aplica

3. Ingeniero responsable	Nombre	Jorge Andrés Zambrano Correa
	Firma	
	Cédula de Ciudadanía	1.088.240.665
	Teléfono contacto	3217373082
	Correo electrónico	jorgez86@hotmail.com
4. Propietario o representante legal	Nombre	Jaime Armando Riveros Ahumada
	Firma	
	Cédula de Ciudadanía	17.333.058
	Teléfono contacto	3125088810
	Correo electrónico	Jriveros1966@hotmail.com

III. Anexos (Depende del tipo de conexión y los requisitos asociados a los procedimientos del OR)

Marcar los entregados:

Certificado de Libertad y Tradición*	X	Licencia ambiental		Plantilla de cálculos	X
Licencia de construcción		Plano arquitectónico aprobado por autoridad competente		Carta aprobación de estudios y planos fotométricos	
Plano y licencia de urbanismo		Autorización para el uso del espacio público		Permisos de servidumbre	
Copia cédula ingeniero diseñador	X	Copia matrícula profesional ingeniero diseñador	X	Certificado de existencia y representación legal *	
Copia cédula propietario	X			Permiso de instalación de antenas de comunicación expedido por las oficinas de planeación respectivas.	

*Vigencia no mayor a 3 meses

IV. Observaciones adicionales

LISTA DE VERIFICACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN DE DISEÑOS Y MEMORIAS DE CÁLCULO
Versión 1.0

Dando cumplimiento al artículo 10 del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, el diseño detallado según el tipo de instalación y complejidad deberá cumplir los aspectos que le apliquen de la lista presentada a continuación. La profundidad con que se traten los ítems dependerá del tipo de instalación, para lo cual debe aplicarse el juicio profesional del responsable del diseño. El diseñador deberá hacer mención expresa de aquellos ítems que a su juicio no apliquen para lo cual debe dejar consignado en la casilla de observaciones del presente formato las notas correspondientes.

I.DESCRIPCIÓN (MEMORIA DE CÁLCULOS)	**SI**	**N/A**	**OBSERVACIONES**
Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.	X		
Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.	X		
Análisis de cortocircuito y falla a tierra.	X		
Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.	X		
Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlo.	X		
Análisis de nivel de tensión requerido.	X		
Cálculo de campos electromagnéticos.		X	En el sitio no hay presencia de líneas mayores a 57,5kV.
Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia de la carga.	X		
Cálculo del sistema de puesta a tierra.	X		
Cálculo económico de conductores.	X		
Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores.	X		
Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos.		X	Para este diseño se atenderá las recomendaciones dadas por CODENSA Y EMSA. Ya que es territorio plano el sitio de la obra.
Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorriente.	X		
Cálculo de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramiento (cajas, tableros, conduletas, etc.).	X		
Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de los armónicos y factor de potencia.	X		
Cálculos de regulación.	X		
Clasificación de áreas.		X	En el sitio no hay presencia de gases, vapores o polvos confinados en sitio.
Elaboración de diagramas unifilares.	X		
Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.	X		

LISTA DE VERIFICACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN DE DISEÑOS Y MEMORIAS DE CÁLCULO
Versión 1.0

Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.	X		
Verificación de distancias de seguridad requeridas.	X		
Justificación técnica de desviación de la NTC2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.		X	No hay razón para desviarse de la norma
Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.		X	No requiere de estudios adicionales en sitio.
II.OTROS DOCUMENTOS (ANEXOS)	**SI**	**N/A**	**OBSERVACIONES**
Licencia de parcelación o licencia de construcción.		X	Este proyecto cuenta con viviendas existentes.
Oficio remisorio dirigido a la electrificadora del Meta S.A. E.S.P con firma del ingeniero responsable del proyecto eléctrico.	X		
Oficio actualizado con firma original del propietario del predio a electrificar, autorizando al ingeniero para tramitar el proyecto eléctrico ante EMSA.	X		
Copia de la cédula de ciudadanía del dueño del predio.	X		
Si es propietario. Certificado de tradición y libertad no mayor a 30 días.	X		
Si es arrendatario, debe adjuntar la autorización autenticada del dueño del predio para realizar los cambios referidos al suministro de energía en el predio. De la misma forma debe adjuntar el certificado de tradición y libertad y la copia del documento de identificación del dueño del predio.		X	
Proyecto oficial, las autorizaciones deben tener vigencia no mayor a 30 días y ser avaladas por el funcionario responsable.		X	
Diseño del sistema de medida a instalar, según resolución CREG 038/2014.	X		
Fotos del punto de conexión y panorámica del proyecto.	X		
Copia del oficio de aprobación de factibilidad vigente.	X		
Memorias de cálculo según RETIE.	X		
Copia de la matricula profesional vigente, del ingeniero electricista.	X		
Copia de la cédula de ciudadanía, del ingeniero electricista.	X		

LISTA DE VERIFICACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN DE DISEÑOS Y MEMORIAS DE CÁLCULO
Versión 1.0

III.ENTREGABLE	SI	N/A	OBSERVACIONES
Archivo en formato DWG georeferenciado.	X		
Archivo en formato PDF de los planos de ingeniería de detalle debidamente firmado.	X		
Archivo en formato PDF de la copia del comprobante de consignación por concepto de revisión de diseños eléctricos.	X		
Archivo en formato PDF del cuerpo o texto del proyecto.	X		

Nombre diseñador: Ing. Jorge Andrés Zambrano Correa

Firma: _____

M.P: QN205-72854 Quindío

PROYECTO ELÉCTRICO

CONSTRUCCIÓN ELECTRIFICACIÓN PREDIOS RURALES VEREDA YUCAO SECTOR TRIÁNGULO DEL PUMA

CONEXIÓN B

JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL DE LA VEREDA MATAZUL-YUCAO

MEMORIAS DEL PROYECTO

DISEÑO: _____

ING. JORGE ANDRÉS ZAMBRANO CORREA .

MP: QN205-72854

MUNICIPIO DE PUERTO LÓPEZ-META

VEREDA YUCAO SECTOR TRIÁNGULO DEL PUMA

JULIO 2.023

I. MEMORIAS DE CÁLCULO. - 5 -

i. Parámetros de diseño. - 5 -

ii. **Análisis y cuadros de carga iniciales y futuras teniendo en cuenta el factor de potencia y armónicos.** - 6 -

iii. Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico. - 13 -

1. Determinación de las tensiones de coordinación Vcw - 13 -

2. Determinación de las sobretensiones de soportabilidad requeridas - 16 -

3. Selección del nivel de aislamiento asignado - 17 -

4. Selección de aisladores. - 18 -

iv. Análisis de cortocircuito y falla a tierra. - 21 -

v. Análisis de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos. - 23 -

1. Daños a estructuras. - 23 -

2. Daños en acometidas. - 25 -

3. Tipos de pérdidas. - 27 -

4. Necesidades y conveniencias económicas para la protección contra rayo. - 28 -

vi. Análisis de origen eléctrico y medidas para mitigarlo. - 33 -

vii. Análisis del nivel de tensión requerido. - 40 -

viii. Cálculos de campos electromagnéticos para asegurar que en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no superen los límites de exposición definidos. - 40 -

ix. Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en las cargas resultantes y los costos de energía. - 40 -

x. Cálculo del sistema de puesta a tierra. - 43 -

1. Cálculo del calibre del conductor. - 43 -

2. CÁLCULO MALLA A TIERRA. - 44 -

1.1. Metodología y alcance de las medidas realizadas. - 44 -

xi. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía . - 49 -

xii. 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,IEE 242,capítulo 9 o equivalente. - 51 -

xiii. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos. - 52 -

xiv. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobre corrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC60947-2 anexo A. - 53 -

xv. Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas, y electroductos) y volumen de encerramiento (cajas, tableros, conduletas, etc.). - 58 -

xvi. Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia. - 59 -

xviii. Clasificación de áreas. - 64 -

xix. Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares. - 65 -

xx. Distancias de seguridad requerida. - 66 -

xxi. Justificación técnica de desviación de la NTC2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación. - 67 -

xxii. Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas. - 67 -

xxiii. Diseño de medida según CREG 038/2014. - 67 -

II. MATRICULA PROFESIONAL DISEÑADOR - 71 -

III. FACTIBILIDAD DE SERVICIO Y AUTORIZACIONES. - 72 -

IV. ANEXOS. - 73 -

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto tiene como alcance, la construcción de 2,85km de red en media tensión [13,2kV] aérea abierta y un transformador monofásico de 5KVA refrigerados en aceite mineral para instalación exterior tipo poste, para llevar energía eléctrica a los predios rurales vereda Yucao sector triángulo del Puma municipio de Puerto López (Meta).



Figura 1. Ubicación en plano del sitio de la obra.

La obra será ejecutada según normas de la empresa de energía del Meta, teniendo en cuenta la norma técnica colombiana NTC 2050 y el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE.

El presente proyecto corresponde a la factibilidad con número GD-PE-20234100080881 emitida por EMSA el día 27 de marzo de 2023.

RESUMEN DEL PROYECTO

NOMBRE DEL PROYECTO	Electrificación predios rurales vereda Yucao sector Triángulo del Puma-Conexión B		
PROPIETARIO DEL PROYECTO	Junta de acción comunal de la vereda Matazul-Yucao		
LOCALIZACIÓN	**MUNICIPIO:** Puerto López (Meta)		
	VEREDA O BARRIO: Vereda Yucao		
	DIRECCIÓN O SECTOR: Triángulo del puma		
TIPO DE SERVICIO	Residencial		
ESTRATO SOCIOECONÓMICO	1		
NÚMERO DE CLIENTES	Uno (1)		
CAPACIDAD INSTALADA	3,11kVA		
CANTIDAD Y POTENCIA DE LOS TRANSFORMADORES INSTALADOS	**No.**	**CAPACIDAD [KVA]**	**CANTIDAD**
	1	1ϕ 5[kVA]	1
	-		
LONGITUD DE REDES EN MT	**No.**	**TIPO**	**LONG [m]**
	1	Aérea abierta	2.850
	-		
LONGITUD DE REDES EN BT	**No.**	**TIPO**	**LONG [m]**
	1	N.A	
	-		
CARGA ALUMBRADO PÚBLICO	**CANT**	**TIPO**	**POTENCIA [WATTS]**
	0	N.A	
	-		

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Figura 2. Estructura conexión proyecto.

I. MEMORIAS DE CÁLCULO.

i. Parámetros de diseño.

Vereda	Yucao
Municipio	Puerto López
Número de usuarios	1
Número de Transformadores	1
Curva de diversidad	Norma ICEL
Rata de crecimiento de la demanda	3%
Proyección de demanda:	
Conductores	15 años
Transformadores	8 años
Regulación de voltaje	
Media tensión	3%
Baja tensión	5%
Factor de Potencia	1
Tipo de red baja tensión	Monofásico trifilar
Clase de consumo predominante	Residencial
Carga de diseño	3,11kVA
Capacidad total instalada	5kVA
Tensión de alimentación baja tensión	120/240V
Tensión y alimentación media tensión	13,2kV
Calibre conductores media tensión	ACSR
Tipo de posteria	Concreto

ii. **Análisis y cuadros de carga iniciales y futuras teniendo en cuenta el factor de potencia y armónicos.**

Para el análisis de los cuadros de carga se comienza primero en realizar el análisis en el factor de potencia y los efectos de los armónicos en las redes eléctricas.

1. ANÁLISIS DEL FACTOR DE POTENCIA Y ARMÓNICOS.

Se toma un factor de potencia de **0,90** extractando este valor del punto 3.22 "*FACTORES DE POTENCIA PARA EL CALCULO DE LA DEMANDA*" que se describe en las "*NORMAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE SISTEMAS DE DISTRIBUCION ELECTRICOS DE CEDENAR S.A. E.S.P.*

Salida	Factor de potencia
Cargas resistivas	1.00
Iluminación sodio, factor corregido	0.90
Iluminación fluorescente, alto factor	0.90
Iluminación fluorescente, factor normal	0.65
Iluminación incandescente	0.95
Lavadoras y secadoras de ropa	0.85
Motores	0.85

Tabla 1. Factores de potencia de los equipos.

Fuentes armónicas que se pueden presentar:

Analizando los elementos que se pretende instalar para este proyecto que en su gran mayoría son motores se realiza un análisis en los efectos de los armónicos generados por este elemento y las pérdidas originadas.

Como la gran mayoría de los motores en el comercio son de tipo inducción se avaluará el impacto del uso de los motores en las redes eléctricas.

-CARACTERIZACIÓN DE ARMÓNICOS.

Un armónico es una componente sinusoidal de una señal periódica que tiene una frecuencia la cual es un múltiplo entero de la frecuencia fundamental.

-DISTORSIÓN ARMÓNICA (THD).

Es una medida del valor de distorsión armónica, es decir la descomposición de la señal periódica en la raíz de la suma infinita de señales múltiplos de la frecuencia fundamental al cuadrado sobre la señal fundamental. Según la Std IEEE 519; la Distorsión Total Armónica (THD) es usada para definir los efectos de los armónicos de los sistemas de potencia (baja tensión, media tensión y alta tensión). A continuación se presenta la distorsión armónica total:

$$THD = \sqrt{\frac{sumatoria\ de\ todas\ las\ magnitudes\ al\ cuadrado\ por\ los\ armonicos\ de\ tension}{El\ cuadrado\ de\ la\ magnitud\ de\ la\ tension\ findamental}} * 100\ \%$$

Existe un THD (distorsión armónica total) referido a la tensión y uno referido a la corriente, lo cual permite conocer la distorsión armónica total en tensión como en corriente; THD_V y THD_I. El THD_I es generado por las cargas, mientras que el THD_V se genera por la fuente como resultado de una corriente muy distorsionada, queriendo decir que cuantas más cargas distorsionantes se tengan en un sistema, mayor probabilidad habrá de producirse distorsión armónica de tensión.

-DISTORSIÓN ARMÓNICA EN TENSIÓN.

Una forma de onda de tensión nunca es exactamente una onda seno de única frecuencia, este fenómeno es denominado "distorsión armónica de tensión" o "distorsión de tensión" y es cuando se asume una forma de onda periódica, que puede ser descrita como la suma de ondas seno con frecuencias que son múltiplos de la frecuencia fundamental. Las componentes no fundamentales son llamadas "distorsión armónica". La distorsión armónica de tensión se puede expresar a partir del factor llamado (THD_V), el cual es usado para definir el efecto armónico sobre la tensión en un sistema de potencia de baja, media y alta tensión.

Según la carga instalada, a continuación se justifica la selección del transformador a instalar:

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{n} V_h^2}}{V_1} * 100\%$$

Donde

$\sum_{h=2}^{n} V_h^2$: la suma de los cuadrados de las amplitudes armónicas de tensión, en donde *h* es el orden del armónico.

V_1: En la amplitud de la tensión fundamental.

-DISTORSIÓN ARMÓNICA EN CORRIENTE.

Como la distorsión armónica de tensión es principalmente debida a la corriente de cargas no sinusoidales, la distorsión armónica de tensión y corriente, están fuertemente relacionadas. La distorsión armónica de corriente requiere sobredimensionar una serie de componentes como transformadores y conductores. Cuando las impedancias en serie aumentan con la frecuencia, una corriente distorsionada puede causar más pérdidas que una corriente sinusoidal del mismo valor rms.

El espectro armónico de corriente contiene principalmente 5°, 7°, 11° y 13° componentes armónicas.

La distorsión armónica de corriente se puede expresar a partir del factor llamado (THD_I), el cual es usado para definir el efecto armónico sobre la corriente en un sistema de potencia.

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{n} I_h^2}}{I_1} * 100\%$$

Donde:

$\sum_{h=2}^{n} I_h^2$: Es la suma de los cuadrados de las amplitudes armónicas de corriente, en donde *h* es el armónico.

I_1: Es la amplitud de la corriente fundamental.

La distorsión armónica total de corriente está en términos de la distorsión total de la demanda (TDD), que corresponde a la distorsión armónica de corriente en porcentaje de la máxima demanda de corriente de carga por periodos de 15 a 30 minutos.

EL TDD está definido como:

$$TDD = THDi\frac{I_F}{I_{Max}} = \frac{\sqrt{\sum_{h=2} I_h}\%}{I_{MAX}}$$

En donde I_f es la corriente de demanda instantánea e I_{Max}, es la corriente máxima presente en el sistema. Todos los valores de distorsión de corriente se dan en base a la máxima corriente de carga (demanda). Es importante notar que los componentes individuales de las corrientes armónicas no se suman directamente para que todo el armónico característico no pueda estar a su límite máximo individual sin exceder el TDD. Límites de corriente armónica para carga no lineal en el punto común de acoplamiento con otras cargas, para tensiones entre 120 - 69,000 V.

Máxima Distorsión Armónica Impar de la Corriente, en % del Armónico Fundamental						
I_{SC}/I_L	**<11**	**11≤h<17**	**17≤h<23**	**23≤h<35**	**35≤h**	**TDD**
<20*	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0
Los armónicos pares se limitan al 25% de los límites de los armónicos impares mostrados anteriormente						
* Todo equipo de generación se limita a estos valores independientemente del valor de Isc/Il que presente						
Donde I_{SC} = corriente Máxima de cortocircuito en el punto de acoplamiento común.						
I_L = Máxima demanda de la corriente de carga (a frecuencia fundamental) en el punto de acoplamiento común.						
TDD = Distorsión total de la demanda (RSS) en % de la demanda máxima.						

Tabla 2. IEEE 519. Recomendaciones prácticas y requerimientos para el control armónico en sistemas eléctricos de potencia.

-SECUENCIA ARMÓNICA.

Las señales armónicas presentan distintas secuencias de fase que pueden ser; secuencia positiva tienen la misma rotación de fases que la tensión trifásica aplicada. Aquellas con secuencia negativa tienen rotación de fases opuestas, mientras que las de secuencia cero u homopolar son llamadas armónicas triples.

Si se conectan cargas idénticas en cada fase se tiene un sistema balanceado, y en ausencia de componentes de secuencia cero, se logra una corriente de valor cero en el conductor de neutro. Sin embargo las componentes de secuencia cero de cargas idénticas con tensiones balanceadas tienen la misma magnitud y ángulo de fase, de esta manera se suman en el conductor de neutro y se producen componentes de secuencia cero iguales al triple de las componentes de cada fase

Armónico	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°	N
Secuencia	+	-	0	+	-	0	+	-	0	+	-	0	+	-	0	…

Tabla 3. Secuencia armónica.

-EFECTOS DE LOS ARMÓNICOS.

Los efectos de la distorsión armónica se puede manifestar cómo un número excesivo de fusibles fundidos en bancos de condensadores, sobrecalentamiento y vibraciones mecánicas en transformadores y motores, disparo inexplicable de interruptores, operación incorrecta de contactores y relés, aumento de las intensidades en los conductores de neutro, incluso en redes equilibradas producido por los armónicos triples (3, 6, 9, 12,...) e interferencia con sistemas de comunicación (telemandos y sistemas telefónicos); efectos producidos por los armónicos en los componentes de los sistemas eléctricos han sido analizados tanto para circuitos particulares como para toda una red interconectada, no obstante en algunos casos es muy difícil cuantificarlos en forma específica puesto que dependen de muchos factores. A continuación se presentarán algunos de los posibles efectos causados por los armónicos en los equipos son:

- Aumento de pérdidas y calentamiento en equipo eléctrico.
- Registros incorrectos en equipos de control y monitoreo
- Sobrecalentamiento del equipo rodante, transformadores y conductores eléctricos.
- Aumento en niveles de ruido audible de equipos eléctricos.
- Fallas en aislamientos de equipos eléctricos.
- Dificultad en arranques de procesos.
- Fallas u operación prematura de dispositivos de protección.
- Condiciones de resonancia armónica en el sistema de Potencia eléctrico del usuario, deteriorando la operación y confiabilidad del sistema y los equipos.
- Fallas de sincronización de disparo en equipos tales como variadores de velocidad.

- Sobre o sub facturación de energía por alteración del valor *rms* de la tensión y/o corriente que pasa por el medidor de energía.

Es bueno conocer que la operación continua con corrientes armónica excesivas lleva a incrementos de la tensión y sube excesivamente la temperatura, lo que resulta en la reducción de la vida útil de los equipos eléctricos; teniendo en cuenta que la magnitud de los costes originados por la operación de sistemas y equipos eléctricos con tensiones y corrientes distorsionadas puede percibirse considerando lo siguiente:

- Una elevación de sólo 10º C de la temperatura máxima del aislamiento de un conductor de más de una hora, reduce a la mitad su vida útil.
- Un aumento del 10% de la tensión máxima del dieléctrico de un condensador reduce a la mitad su vida útil.

Los motores de inducción son menos afectados por los armónicos que los generadores sincrónicos. Sin embrago la corriente armónica excesiva puede conducir a sobrecalentamiento, particularmente en casos cuando están conectados a sistemas donde capacitores en resonancia con el sistema amplifican uno o más armónicos.

Gracias a un estudio realizado en la universidad de la Salle se encuentra que para los motores de inducción la distorsión armónica para corriente y voltaje son los siguientes:

THD_V	3,8%
THD_I	9,65%

Tabla 4. Distorsiones armónicas en un motor de inducción.

FUENTE:
http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/16971/T42.08%20C279e.pdf?sequence=2

-THDi PARA DIFERENTE APARATOS DE USO COMÚN.

Gracias a un estudio realizado por la universidad Politécnica Salesiana en Cuenca-Ecuador, determinó la tasa de distorsión armónica para diferentes aparatos de uso común. En la siguiente tabla muestras estos porcentajes:

Aparatos	THD_i
Focos ahorradores	101,79%
Cafetera eléctrica	2,489%
Computador con monitor	123,93%
Equipo de música	50,19%
Equipo de música con CD	47,21%
Laptop marca HP	122,64%
Microondas	29,22%
Refrigerador	8,038%
Teléfono inalámbrico	41,41%
TV de 20pulg	122,038%
Lámparas LED	20,3%

Tabla 5. Distorsiones armónicas para aparatos de uso común.

FUENTE: http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/271

-PÉRDIDAS DE POTENCIA OCASIONADAS POR LOS ARMÓNICOS.

Para calcular las pérdidas de potencia ocasionadas por los armónicos, se realiza por el método aportado por Cummings; las pérdidas adicionales debido a los armónicos ($P_{armónicos}$) pueden ser calculadas aproximadamente con la expresión:

$$P_{armónicas} = P_{no\,min\,al} * \Delta Wn$$

$$\Delta W = 35\sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{n^2}\left[\frac{V_n}{V_1}\right]^2$$

Una vez analizado el factor de potencia y el efecto de los armónicos se procede a elaborar el cuadro de carga.

Construcción electrificación predios rurales vereda Yucao sector triangulo del puma (Casa tipo) CUADRO DE CARGA									
Circuito	**Lámparas**	**Tomas**	**THDi**	**f.p (fund)**	**f.p (arm)**	**Potencia (VA)**	**FPT**	**Potencia (W)**	**TOTAL CARGA (VA)**
Pequeños artefactos		1	29.22%	1	0,96	1.500,0	0,96	1.500,0	1.562,7
Lavadora		1	9.65%	0,95	0,95	1.500,0	0,90	1.425,0	1.586,3
Tomacorriente general		8	123.93%	0,95	0,60	50,0	0,57	47,5	670,5
Salidas de alumbrado	6		101.79%	0,95	0,67	15,8	0,63	15,0	142,3
Subtotal									3.961,8
Factor de demanda									
Primeros 3000 w o menos.....100%									3.000,0
Resto al.....11%									105,8
Cargas especiales									0,0
Total carga establecimiento en VA.									3.105,8
TOTAL CARGA MODELO (kVA)									3,11

Tabla 6. Cuadro de carga (predio tipo).

Teniendo en cuenta la rata de crecimiento se toma en cuenta la proyección a 8 años.

$$C_n = C_O(1+r)^n$$

$$\boldsymbol{C_8 = 3,11 * (1+0,03)^8 = 3,39KVA}$$

Con lo demostrado en este cálculo tiene una carga demandada de **3,39kVA**, si seleccionase un transformador de 5kVA se tendría una cargabilidad del **83,79%** por lo que cumpliría el criterio de selección del transformador.

iii. Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.

1. Determinación de las tensiones de coordinación Vcw

Se considerarán las sobretensiones temporales de corta duración y las sobretensiones de frente rápido.

Tensiones de coordinación temporales de corta duración.

De acuerdo con la tabla 7. para sistemas con tres cables con alta resistencia a tierra o sistemas en delta, se tiene un ELG de 1,73. entonces,

Sistema	Magnitud de la sobretensión sobre la tensión fase-tierra nominal de sistema, ELG
Tres cables con alta resistencia a tierra o sistemas en delta	1,73
Cuatro cables con baja resistencia y múltiple conexión a tierra	1,25
Cuatro cables con alta resistencia y múltiple conexión a tierra	1,35
Tres cables con baja resistencia a tierra y puesto a tierra sólo en los extremos	1,4

Tabla 7. Magnitud de sobretensión.

$$V_{cw} = V_{LN} \times E_{LG}$$

V_{cw}: tensión no disruptiva de coordinación al impulso temporal de corta duración.

V_{LN}: tensión fase – tierra del sistema.

E_{LG}: factor para el cálculo de la sobretensión dado en la Tabla b.1.

$$V_{cw(temporales)} = \frac{V_r}{\sqrt{3}} \times E_{LG}$$

$$V_{cw(temporales)} = \frac{13.2}{\sqrt{3}} \times 1{,}73$$

$$V_{cw(temporales)} = 13{,}2\ kV$$

Tensiones de coordinación de frente rápido

Para efectos de la presente guía metodológica, las tensiones de coordinación de frente rápido se caracterizan empleando el método simplificado presentado en el Anexo E de la norma IEC 60071-2. Las tensiones de coordinación de frente rápido debidas a impulso tipo rayo se obtienen de la Ecuación 2 y Ecuación 3, que aplican para aislamiento interno y externo respectivamente.

$$V_{cw(frente\ rápido\ aislamiento\ interno)} = LPL + \frac{A}{n} \times \frac{L_{(aisamiento\ interno)}}{L_{sp} + L_a}$$

$$V_{cw(frente\ rápido\ aislamiento\ externo)} = LPL + \frac{A}{n} \times \frac{L_{(aisamiento\ externo)}}{L_{sp} + L_a}$$

Donde:

V_{cw}: tensión no disruptiva de coordinación al impulso tipo rayo [kV].

LPL: tensión residual al impulso tipo rayo del DPS seleccionado [kV] (Dato suministrado por el fabricante).

A: factor calculado con la tabla 8.

Tipo de línea	A (kV)
Líneas de distribución (flameo entre fases):	
Con crucetas puesta a tierra (flameo a tierra a baja tensión)	900
Líneas sobre postes de madera (flameo a tierra a alta tensión)	2.700
Líneas de transmisión (flameo en una fase a tierra):	
Conductor sencillo	4.500
Haz de dos conductores	7.000
Haz de cuatro conductores	11.000
Haz de seis y ocho conductores	17.000

Tabla 8. Factor de línea.

n: número mínimo de redes de distribución conectadas a la subestación que permanecen en servicio durante una tormenta eléctrica.

L: distancia equivalente de separación entre el DPS y el elemento a proteger [m], calculada como se ilustra en la figura b.1. $L = a_1 + a_2 + a_3 + a_4$.

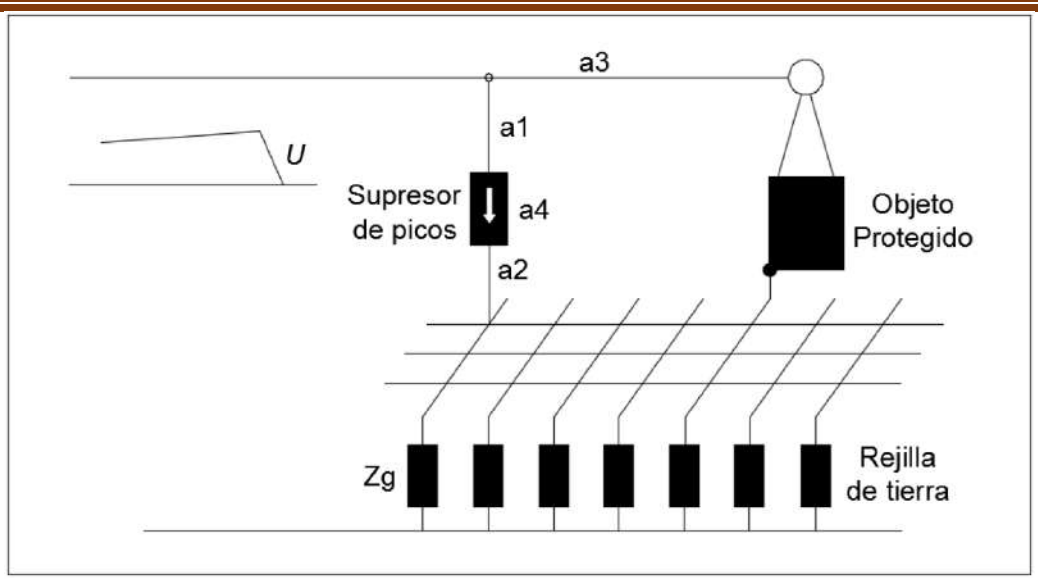


Figura 3. Esquema conexión DPS esquema TN-C-S.

Siendo:

a_1: longitud entre el punto de conexión del DPS y la línea [m].
a_2: longitud de la conexión a tierra del descargador de sobretensiones [m].
a_3: longitud del conductor de fase entre el descargador de sobretensiones y el aislamiento del equipo a proteger [m] (normalmente presenta un valor para el aislamiento interno y otro para el aislamiento externo).
a_4: longitud del descargador de sobretensiones [m].

L_{sp}: longitud del vano [m].

L_a: sección de la línea aérea con una tasa de salidas igual a la tasa de falla aceptable. Se calcula con la ecuación $L_a = R_a/R_{km}$ y se debe expresar en metros [m].

Donde:

R_a: tasa de fallas máxima tolerable [fallas/año]. Estos valores se definen como:

$15\ fallas - año$ para el nivel de tensión II

$11\ fallas - año$ para el nivel de tensión III

R_{km}: tasa de salidas por año observadas para el primer kilómetro de la línea aérea a la salida de la subestación, obtenida de datos históricos de confiabilidad de la red estudiada (Unidad usual: [fallas/100 km - año]; unidad recomendada para este cálculo: [fallas/m - año]).

Se tiene que:

$LPL = 42{,}9\ kV$; $n = 1$; $L_{sp} = 10\ m$; $R_{km} = 5\ fallas\ /\ 100\ km\ año$

$L_{(aislamiento\ externo)} = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 = 13.5\ m$

$L_{(aislamiento\ interno)} = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 = 14.5\ m$

Como el sistema de distribución emplea postes de concreto con crucetas metálicas de la Tabla 9. se obtiene que A= 900 kV.

Para la presente situación se establece una tasa de falla tolerable de $R_a = 15\ fallas\ /\ año$ y R_{km} se puede expresar como:

$$R_{km} = \frac{5}{100.000}\ \frac{fallas}{m - \ año} = 5 \times 10^{-5} fallas/m - año$$

$$L_a = \frac{15\ fallas/año}{5 \times 10^{-5} fallas/m - año} = 300.000\ m$$

Así entonces

$$V_{cw(frente\ rápido\ aislamiento\ interno)} = 42{,}9\ kV + \frac{900\ kV}{1} \times \frac{14{,}5\ m}{160\ m + 300.000\ m}$$

$$V_{cw(frente\ rápido\ aislamiento\ interno)} = 42{,}94\ kV$$

$$V_{cw(frente\ rápido\ aislamiento\ externo)} = 42{,}9\ kV + \frac{900\ kV}{1} \times \frac{13{,}5\ m}{160\ m + 300.000\ m}$$

$$V_{cw(frente\ rápido\ aislamiento\ externo)} = 42{,}94\ kV$$

2. Determinación de las sobretensiones de soportabilidad requeridas

Las sobretensiones de soportabilidad requeridas se calculan mediante las siguientes expresiones:

Aislamiento interno

$$V_{rw} = V_{cw} \times 1{,}15$$

Aislamiento externo

$$V_{rw} = V_{cw} \times 1{,}05 \times k_a$$

Siendo

$$k_a = e^{\frac{1495}{8150}} = 1{,}2014$$

Con los datos anteriores se obtiene:

Sobretensiones temporales de corta duración

- *Fase – tierra*

Aislamiento interno $V_{rp} = 13{,}2\ kV \times 1{,}15 = 15{,}18\ kV$

Aislamiento externo $V_{rp} = 13{,}2\ kV \times 1{,}05 \times 1{,}2014 = 16{,}65\ kV$

Sobretensiones de frente rápido

Aislamiento interno $V_{rw} = 42{,}94\ kV \times 1{,}15 = 49{,}38\ kV$

Aislamiento externo $V_{rw} = 42{,}94\ kV \times 1{,}05 = 45{,}09\ kV$

3. Selección del nivel de aislamiento asignado

A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

	Sobretensiones temporales		Sobretensiones por descargas eléctricas atmosféricas	
	Interno	Externo	Interno	Externo
Tensiones de soportabilidad Requeridas.	15,18 kV	16,65 kV	49,38 kV	45,09 kV
Mínimas tensiones de soportabilidades requeridas	16,65 kV		49,38 kV	

Tabla 9. Resultados nivel de aislamiento.

Con este cálculo y basando de la ficha técnica de los DPS marcar MELEC se determina que la selección correcta es de un DPS de 12kV,10kA.

MELEC METÁLICAS & ELÉCTRICAS S.A.

Comensa



DESCARGADOR DE SOBRETENSIÓN
SURGE ARRESTER

INTRODUCCION

Los descargadores de sobretensión (DPS) marca MELEC, son equipos diseñados para proteger transformadores y redes de distribución en general, contra las sobretensiones ocurridas por descarga atmosférica o por sobretensiones propias de la red.
Los DPS marca MELEC incorporan varistores de oxido de Zinc (ZnO) y cumplen con los requisitos de las normas IEC 99-4, ANSI/IEEE C62.11, NTC 4389 y RETIE; con aislamiento en porcelana o polimerico y tensiones nominales de hasta 36 kV

APLICACIÓN
Este descargador no incluye gaps e incorpora varistores de óxido metálico con una característica altamente no lineal.
El diseño sin gaps permite una respuesta más rápida ante descargas con pendiente de ascenso altas que la de los descargadores con gaps.
Estos descargadores son fabricados y probados cumpliendo con las normas ANSI/IEEE C62.11.1999 e, IEC 99-4 (1999).

INTRODUCTION

MELEC brand surge arresters are equipment designed to protect transformers and in general power distribution lines, against lighting or surges of the own network.
MELEC's surge arresters are produced by Zinc Oxide varistors and meet quality standards IEC 99-4, ANSI/IEEE C62.11, NTC 4389 and RETIE for Colombia. Porcelain or polymer insulation and nominal tensions up to 36kV.

APLICATION
This device do not includes gaps but metal oxide varistors with a highly non-linear characteristic.
The design without gaps allows faster response to discharges with higher slope than arresters with gaps.
These arresters are manufactured and tested in compliance with ANSI / IEEE standards C62.11.1999, IEC 99-4 (1999).

Figura 4. Características DPS marca MELEC.

DESCARGADOR DE SOBRETENSIÓN SURGE ARRESTER

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DIMENSIONALES TECHNICAL SPECIFICATIONS AND DIMENSIONS

Tensión Nominal Rated Voltage	MCOV	Voltaje Residual Residual Voltage	Distancia de Fuga Leakage Distance	Impulso de alta Corriente High Current	Impulso de baja Corriente Low Current Impulse
(kV)	(kV)	(kV)	(mm)	(kA)	(A)
6	5,1	18	180	100	250
9	7,65	27	380	100	250
12	10,2	36	450	100	250
15	12,7	45	450	100	250
18	15,3	54	570	100	250
21	17	63	570	100	250
24	19,5	72	800	100	250
27	22,7	81	800	100	250
30	24,4	90	800	100	250
33	26,5	99	1050	100	250
36	29	108	1050	100	250

Figura 5. Selección DPS según marca MELEC en función a los cálculos realizados.

4. Selección de aisladores.

A continuación, se calculan las distancias de fuga y arco para los aisladores y la separación entre fases asociados a la estructura que soporta el transformador. Debido a que el sistema tiene neutro corrido con puesta a tierra múltiple, la distancia de fuga se calcula de la siguiente forma:

$$Distancia\ de\ fuga = V_{LN} \times 1{,}1 \times K_a \times \Delta_{fuga}$$

De acuerdo con la tabla 10, la distancia mínima de fuga para el nivel de contaminación muy ligera es 12.7 mm/kV.

$$Distancia\ de\ fuga = \frac{13{,}2\ kV}{\sqrt{3}} \times 1{,}1 \times 1{,}2014 \times 12{,}7\ \frac{mm}{kV}$$

$$Distancia\ de\ fuga = 127{,}91\ mm$$

Nivel de contaminación	**Ejemplos de ambientes típicos**	**Distancia de fuga específica nominal mínima mm/kV**)
I – Muy ligera	- Áreas sin densidad de industrias, pero sometidas a vientos y/o lluvias frecuentes. - Todas estas áreas deben estar situadas a más de 20 km del mar y no deben estar expuestas directamente a los vientos provenientes del mar 3).	12,7
II - Ligera	- Áreas sin industrias y de baja densidad de casas equipadas con plantas de calentamiento. - Áreas con baja densidad de industrias o casas, pero sometidas a vientos y/o lluvias frecuentes. - Áreas agrícolas2) - Áreas montañosas. - Todas estas áreas deben estar situadas al menos de 10 km a 20 km del mar y no deben estar expuestas directamente a los vientos provenientes del mar.	16,0
III - Media	- Áreas con industrias que no producen humo particularmente contaminante y/o con una densidad promedio de casas equipadas con plantas de calentamiento. - Áreas con alta densidad de casas y/o industrias sometidas a vientos y/o lluvias frecuentes. - Áreas expuestas al viento del mar, pero no demasiado cerca de las costas (al menos a varios kilómetros de distancia)3)	20,0
IV - Fuerte	- Áreas con alta densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con alta densidad de plantas de calentamiento que producen contaminación. - Áreas cercanas al mar, o en cualquier caso expuestas a vientos relativamente fuertes provenientes del mar.3)	25,0
V – Muy fuerte	- Áreas generalmente de extensión moderada, sometidas a polvos conductores y a humo industrial, que producen depósitos conductores particularmente espesos. - Áreas generalmente de extensión moderada, muy cercanas a la costa y expuestas a la espuma del mar, o a vientos muy fuertes y vientos contaminantes provenientes del mar.	31,0

	- Áreas desiertas, caracterizadas por largos períodos sin lluvia, expuestas a vientos fuertes que transportan arena y sal, y sometidas a condensación regular.	

Nota: Se recomienda aplicar esta tabla solamente a aislamientos de vidrio o porcelana y no cubre algunas situaciones ambientales, tales como hielo y nieve en contaminación fuerte, lluvia fuerte, áreas áridas, entre otros.

1. De acuerdo con la IEC 815, la distancia de fuga mínima de los aisladores entre fase y tierra relacionada con la mayor tensión del sistema (entre fases).
2. El uso de fertilizantes mediante rociado, o el quemado de residuos de cosechas puede conducir a un nivel de contaminación mayor debido a dispersión por el viento.
3. Las distancias desde la costa dependen de la topografía del área costera y de las condiciones externas del viento.

Tabla 10. Distancias de fuga.

Por lo tanto, La distancia de fuga de los aisladores debe ser por lo menos de 127,91 mm

En el caso del cableado, para este proyecto en general se consideró el uso de conductores eléctricos con la tecnología en PVC/Nylon, THHN/THWN 75°C, son las siglas de (*Thermoplastic High Heatresistant Nylon-coated*) Ó (*Thennoplastic Heat and Water-resistant Nylon-coated*) respectivamente, que permite operar los conductores a 75°C (es necesario tener en cuenta la temperatura de trabajo del compuesto de aislamiento, para fijar una condición de ampacidad). Los alambres y cables THHN/THWN 75°C deben cumplir los exigentes requisitos de las normas UL 83, NTC-INCONTEC 1332, el Código Eléctrico Colombiano NTC-2050 y el NEC (*National Electrical Code*). Como requisitos fundamentales para el aislamiento eléctrico de los conductores, se debe dar cumplimiento específicamente a los siguientes puntos:

- Resistencia química a grasas, aceites e hidrocarburos: las propiedades de barrera de los recubrimientos de Nylon, proveen larga vida al material de aislamiento evitando la pérdida de plastificantes y adictivos.
- Alto punto de fusión: los polímeros de Nylon para propósitos eléctricos tienen un punto de fusión muy alto comparado con otros materiales usados como aislamiento o cubierta para conductores eléctricos. Está características proporcionan alambre o cable de alta resistencia mecánica al aplastamiento.
- Alto peso molecular. Esta propiedad del compuesto de Nylon establece las condiciones de resistencia a la abrasión e hidrocarburos en el alambre o cable terminado.
- Alta resistencia al rasgado (difícil de contar o romper).
- Liviano (densidad=1,13g/cm^3) comparado con el PVC (1,4g/cm^3).
- Alta resistencia a la abrasión.
- Bajo coeficiente de fricción, comparado con el PVC y polietileno.
- Resistencia térmica alta: el polietileno de Nylon tiene una temperatura máxima de uso continuo de 121°C.

iv. Análisis de cortocircuito y falla a tierra.

Cálculo de cortocircuito del transformador

2- Zpu= Z transformador (dato de placa)

Z%=	3%
Zpu=	**0,03**
Transformador seleccionado en kVA	**5**
Nivel de tensión en el primario en kV	**13,2**
Nivel de tensión en el secundario en kV	**0,24**

Corriente de corto circuito simetrica 3 fases en el primario

1- $I_{cc(M.T)}$= 3 fases KVAbase/(Zpu)KV

$I_{cc(M.T)}$ = 5/(0,03*13.200)

$I_{cc(M.T)}$ = **12,6 A**

Corriente de corto circuito simetrica 3 fases en el secundario

2- $I_{cc(B.T)}$= 3 fases KVAbase/(Zpu)KV

$I_{cc(B.T)}$ = 5/(0,03*240)

$I_{cc(B.T)}$ = **694,4 A**

Tabla 11. Cálculos de corriente de cortocircuito.

El valor de la impedancia de cortocircuito es obtenido de la **NTC-818** literal 3.2 tabla 1 y aplica para baja tensión por su relación (13.200/240-120)V

Realizando el cálculo se obtiene el resultado del análisis de cortocircuito en el sistema eléctrico propuesto:

Calibre fase AWG	2
Material cable fase	ACSR
Calibre neutro AWG	N.A
Material cable neutro	N.A
L [m]	2850,0
rf [Ω/km]	0,656
xf [Ω/km]	0,144
Rf [Ω]	1,8696
zf [Ω/km]	0,656+0,144i
rn [Ω/km]	0,656
xn [Ω/km]	0,144
Rn [Ω]	1,8696
zn [Ω/km]	0,656+0,144i
Zf [Ω]	1,8696+0,4104i
Zn [Ω]	1,8696+0,4104i

kVA	10
Vs [V]	240
Is [A]	41,7
Uz [%]	3,0
Icc [A]	1389
Pérdidas con carga [W]	290
R	0,08352
Zcc	0,08640
Xcc	0,01106
Zcc fase	0,08352+0,0110608498769308i

Impedancia fase	1,95312+0,421460849876931i
Impedancia neutro	1,8696+0,4104i
Impedancia fase-fase	3,90624+0,842921699753862i
Impedancia fase-neutro	3,82272+0,831860849876931i
Impedancia fase-fase	3,996152
Impedancia fase-neutro	3,912184
Icc fase-fase [A]	**60**
Icc fase-neutro [A]	**31**

Tabla 12. Resultados análisis cortocircuito red eléctrica.

v. Análisis de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.

La evaluación del nivel de riesgo se realiza para determinar si se requiere implementar un sistema de protección contra rayos y las acciones que permitan disminuir el riesgo a un nivel tolerable.

El nivel de riesgo se obtiene de la ponderación de los indicadores de exposición al rayo y de la gravedad que puede implicar un impacto directo o indirecto de rayo sobre una estructura.

1. Daños a estructuras.

El rayo que afecta a una estructura puede causar daño a la estructura misma, a sus ocupantes y a su contenido, incluyendo fallas en sistemas internos. Los daños y las fallas pueden extenderse a los alrededores de la estructura, incluso pueden envolver el medio ambiente local. La escala de esta extensión depende de las características de la estructura y de las características de la descarga atmosférica.

1.1. Efectos del rayo en una estructura.

Las principales características de la estructura respecto a los efectos del rayo incluyen:

- Construcción (Madera, ladrillo, concreto reforzado, construcción en marco de acero).
- Función (vivienda, oficina, granja, teatro, hotel, escuela, hospital, museo, iglesia, prisión, almacén grande, banco, fábrica, planta industrial, áreas deportivas).
- Ocupantes y contenido (personas y animales, presencia de materiales combustibles o incombustibles, materiales explosivos o no explosivos, sistemas eléctricos y electrónicos con resistencia a la baja o alta tensión).
- Acometidas entrantes (líneas de energía, líneas de telecomunicaciones, tuberías).
- Medidas de protección (ej. Las medidas de protección reducen los daños físicos y el peligro de perder la vid, la protección reduce las fallas de sistemas internos).
- Grado de extensión del peligro (estructura con dificultades de evacuación o estructura donde el pánico puede ser creado, estructura peligrosa a los alrededores, estructuras de ambiente peligroso).

En la tabla 13 muestra los efectos del rayo en diversos tipos de estructura.

Tipo de estructura según la función y/o el contenido	Efectos del rayo
Casa de habitación	Perforación de instalaciones eléctricas, fuego y daños materiales. Daño limitado normalmente a los objetos expuestos al punto de toque o a la trayectoria de la corriente del rayo. Falla de equipo eléctrico y electrónico y de sistemas instalados (ej. Sistemas de TV, computadoras, módems, teléfonos, etc.)
Edificación rural	Riesgo primario de fuego y tensiones de paso peligrosos, así como daño material. Riesgo secundario causado por pérdida de energía eléctrica, y peligro de vida del ganado debido a la falta de control electrónico de sistemas de ventilación y de suministro de alimentos, etc.
Teatro, Hotel, Escuela, Almacén grande, Área deportiva	Daño de instalaciones eléctricas (ej. iluminación eléctrica) probablemente causa de pánico. Falla de alarmas contra incendio, dando por resultado retrasos en las medidas de extinción del fuego.
Banco, Compañía de seguros Centros comerciales, etc.	Situaciones como las anteriores, más problemas resultado de pérdida de comunicación, falla de computadoras y pérdida de datos
Hospital, Clínica de reposo, Prisión	Situaciones como las anteriores, más complicaciones con las personas en cuidados intensivos, y dificultades de rescatar a gente inmóvil.
Industria	Efectos adicionales dependiendo del contenido de la fábricas, extendiéndose de menor importancia por daño inaceptable y pérdida de la producción.
Museos y sitios arqueológicos Iglesias	Pérdida de patrimonio cultural irreemplazable.
Telecomunicaciones, Centrales eléctricas	Pérdidas inaceptables de servicio al público.
Fábrica de fuegos artificiales Trabajos con municiones	Fuego y explosión de la planta y a sus alrededores.
Planta química, Refinería Central nuclear, Laboratorios bioquímicos y plantas	Fuego y mal funcionamiento de la planta con consecuencias perjudiciales al ambiente local y global.

Tabla 13. Efecto de los rayos sobre estructuras típicas.

1.2. Fuentes y tipos de daños de una estructura.

La corriente de rayo es la fuente del daño. Las siguientes situaciones son consideradas dependiendo de la posición del punto de impacto relativo a la estructura:

S1 Impacto a la estructura.

S2 Impacto cerca de la estructura.

S3 Impacto al servicio entrando a la estructura.

S4 Impacto cerca al servicio entrando a la estructura.

Los rayos que impactan a la estructura pueden causar:

- Daño mecánico inmediato, fuego y/o explosión causa por el arco caliente ionizado del rayo, o causado por la corriente de rayo que origina calentamiento resistivo de los conductores (recalentamiento de conductores), o causado por la carga que origina un arco corrosivo (metal derretido).
- Fuego y/o explosión iniciado por chispas, causadas por sobretensiones resultantes de acoples inductivos o resistivos y por el paso de parte de la corriente de rayo.
- Lesiones a personas por tensiones de paso y de contacto resultado de acoples resistivos e inductivos.
- Fallas o mal funcionamiento de sistemas internos causados por IER.

Los rayos que impactan cerca de la estructura pueden causar falla o mal funcionamiento de sistemas internos causados por IER.

Los rayos que impactan sobre acometidas entrantes a la estructura pueden causar:

- Fuego y/o explosión iniciado por chispas, causadas por sobretensiones y corrientes de rayo transmitidas por la acometida entrante.
- Lesiones a personas causadas por tensiones de contacto dentro de la estructura, originados por corrientes de rayo transmitidas por la acometida entrante.
- Falla o mal funcionamiento de sistemas internos causado por sobretensiones transmitidas a la estructura por líneas entrantes.

Los rayos que impactan cerca de la acometida entrante a la estructura pueden causar:

- Falla o mal funcionamiento de sistemas internos causado por sobretensiones inducidas y transmitidos por líneas entrantes a la estructura.

NOTA: El funcionamiento incorrecto de sistemas internos no es tratado en la serie NTC 4552. Se hace énfasis de esto en la publicación IEC 61000-4-5.

NOTA: Solamente las chispas que llevan corrientes de rayo (total o parcialmente) se consideran capaces de iniciar fuego.

NOTA: Los rayos directos o cerca de tuberías entrantes, no causan daños a la estructura, debido a que estas se enlazan a la barra equipotencial de la estructura (véase la NTC 4552-3).

Como resultado, el rayo puede causar tres tipos básicos de daños:

D1 Lesiones a los seres vivos, causadas por tensiones de contacto y de paso.

D2 Daños físicos (fuego, explosión, destrucción mecánica, escape químico) causados por efectos de la corriente de rayo incluyendo chispas.

D3 Fallas de sistemas internos causados por IER.

2. Daños en acometidas.

El rayo que afecta una acometida puede causar daño físico a esta línea o tubería según sea usada para proporcionar algún servicio (energía, telecomunicaciones, acueducto), así como al equipo eléctrico y electrónico conectado a esta.

La escala de esta proporción de daño depende de las características de la acometida, del tipo y de la extensión de los sistemas eléctricos y electrónicos y de las características del rayo.

2.1. Efectos del rayo en acometidas.

Las características principales de la acometida a las que se consideran los efectos del rayo son:

- Construcción (líneas aéreas, subterráneas, cubiertas, descubiertas, fibra óptica, tubo metálico, plástico).
- Función (línea de telecomunicación, línea de energía, tubería).

- Estructura considerada (construcción, contenido, dimensiones, localización).
- Existencia o suministro de medidas de protección (alambre blindado, DPS, redundancia de línea, sistemas de almacenamiento de fluido, sistemas de generación, sistema de potencia interrumpida UPS).

En la tabla 14 muestra los efectos del rayo en acometidas típicas.

Tipo de acometida	Efectos del rayo
Líneas de telecomunicaciones	Daños mecánicos de la línea, derretimiento de pantallas y conductores, falla del aislamiento del cable y falla primaria del equipo principal causa de inmediata pérdida del servicio. Fallas secundarias en los cables de fibra óptica con daño del cable pero sin pérdida del servicio.
Líneas de Energía	Daños en los aisladores de líneas aéreas de baja tensión. Perforaciones del aislamiento del cable de la línea, falla del aislamiento del equipo de la línea y de transformadores con la consecuencia de perder el servicio.
Tuberías de agua	Daños a los equipos de control eléctrico y electrónico, probablemente causando la pérdida del servicio.
Tuberías de gas, Tuberías de combustible	Perforaciones de empaques no metálicos probablemente causando fuego y/o la explosiones. Daños a equipos de control eléctrico y electrónico probablemente causando pérdida del servicio.

Tabla 14. Efecto del rayo en acometidas típicas.

2.2. Fuentes y tipos de daño en una acometida.

La corriente de rayo es la fuente del daño. Las siguientes situaciones deben ser consideradas dependiendo de la posición del punto de impacto relativo a la cometida considerada:

S1 Rayos a la estructura suplida por la acometida considerada.
S3 Rayos a la acometida entrante a la estructura.
S4 Rayos cerca de la acometida entrante a la estructura.

Rayos que impactan la estructura pueden causar en la acometida de servicio:

- Fundición de alambres metálicos (conductores) y de las pantallas de cable, causando por parte de la corriente de rato que fluyen en las acometidas, dando por resultado un calentamiento resistivo.
- Falla de asilamiento en líneas y de los equipos conectados causados por acoples resistivos (Acoplamientos).
- Disrupción de empaques no metálicos en bordes de tubos, así como empaques en empalmes de aisladores.

NOTA: El cable de fibra óptica sin conductor metálico no es afectado por la caída del rayo en la estructura.

Rayos que impactan cerca de la acometida entrante a la estructura pueden causar en la acometida de servicio:

- Daño mecánico inmediato de alambres o ductos metálicos de la acometida causados por esfuerzo electrodinámico o por efectos térmicos de la corriente de

rayo (rompiendo y/o fundiendo alambres, pantallas o tuberías metálicas), y causados por el arco ionizante de calor (perforando la cubierta protectiva de plástico).

- Daño eléctrico inmediato de las líneas (Falla de aislamiento) y del equipo conectado.
- Perforaciones finas en bordes y empaques de tubería aérea metálica y no metálica. Donde sus consecuencias pueden extenderse a fuego y explosión, dependiendo del tipo de líquidos transportados.

Los rayos que impactan cerca de la acometida entrante a la estructura pueden causar en la acometida de servicio:

- Falla de aislamiento en líneas y equipos conectados a éstas, debido a acoples inductivos (sobretensiones inducidas).

NOTA: El cable de fibra óptica sin conductores metálicos no es afectado por los rayos a tierra.

Como resultado, el rayo puede causar dos tipos básicos de daños:

D2 Daños físicos (fuego, explosión, destrucciones mecánicas, escape químico) causados por efectos térmicos de la corriente de rayo.

D3 Falla de sistemas eléctricos y electrónicos causados por sobretensiones.

3. Tipos de pérdidas.

Cada tipo de daño, solo o conjuntamente con otros, pueden producir diferentes consecuencias perjudiciales en el objeto a proteger. El tipo de pérdida que puede aparecer depende de las características del objeto mismo.

Para propósitos de la norma NTC4552 son considerados los siguientes tipos de pérdidas:

L1 Pérdida de vidas humanas.

L2 Pérdida de servicios públicos.

L3 Pérdida de bienes culturales.

L4 Pérdidas económicas.

Las pérdidas del tipo L1, L2 y L3 se pueden considerar como pérdidas de valor social, mientras que las pérdidas del tipo L4 Se pueden considerar como pérdidas económicas.

Las pérdidas que pueden asociarse con los impactos en o cerca de las estructuras son L1, L2, L3 y L4.

Las pérdidas que pueden asociarse con los impactos en o cerca de las acometidas de servicio son L2 y L 4.

La relación entre fuente de daño, el tipo de daño y la pérdida para las estructuras y para las acometidas se presenta en la tabla 15 y 16 respectivamente.

Punto de impacto	Fuente de daño	Tipo de daño	Tipo de pérdida
Acometida de Servicio	S3	D2*,D3	L1, L2,L4
Cerca a la acometida de servicio	S4	D3	L2,L4
Estructura suplida	S1	D2*,D3	L1,L2,L4
* En el caso de tuberías con empaques o bridas no metálicos transportando fluidos explosivos			

Tabla 15. Daños y pérdidas en la acometida de servicio de acuerdo con diferentes puntos de impacto de rayo.

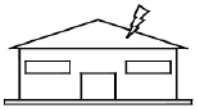
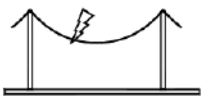
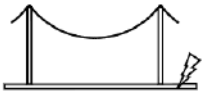
Punto de Impacto		Fuente de Daño	Tipo de Daño	Tipo de Pérdida
Estructura		S1	D1 D2 D3	L1, L4(2) L1, L2, L3, L4 L1, L2, L4
Cerca de la estructura		S2	D2**, D3	L1(1), L2, L4
Acometida de servicio entrando a la estructura		S3	D1 D2 D3	L1, L4(2) L1, L2, L3, L4 L1(1), L2, L4
Cerca de la acometida de servicio		S4	D3	L1(1), L2, L4
(1) Solo para estructuras con riesgo de explosión, hospitales u otra estructura en donde las fallas del sistema interno ponga en peligro la vida humana. (2) Solo para propiedades donde exista pérdida de animales. ** En el caso de estructuras con riesgo de explosión.				

Tabla 16. Daños y pérdidas en una estructura de acuerdo con diferentes puntos de impacto.

4. Necesidades y conveniencias económicas para la protección contra rayo.

4.1. Necesidad de la protección contra rayo

En función de reducir pérdidas de calores sociales L1, L2 y L3 será evaluada la necesidad de proteger un objeto contra rayo. Para evaluar si una u otra protección contra rayo es necesaria, se realiza una evaluación de riesgo de acuerdo con los procedimientos contenidos en la NTC4552-2.

Los siguientes riesgos deben considerarse, correspondientemente a los tipos de pérdida descritos en el numeral 5.2.3:

R_1 Riesgo de pérdida de vidas humanas.

R_2 Riesgo de pérdida de servicios públicos domiciliarios.

R_3 Riesgo de pérdida del patrimonio cultural.

La protección contra rayo es necesaria si el riesgo R (R_1 a R_3) es más alto que el nivel tolerable R_T.

$$R > R_T$$

En este caso la medida de protección será adoptada en orden de reducir el riesgo R (R_1 a R_3) al nivel tolerable R_T

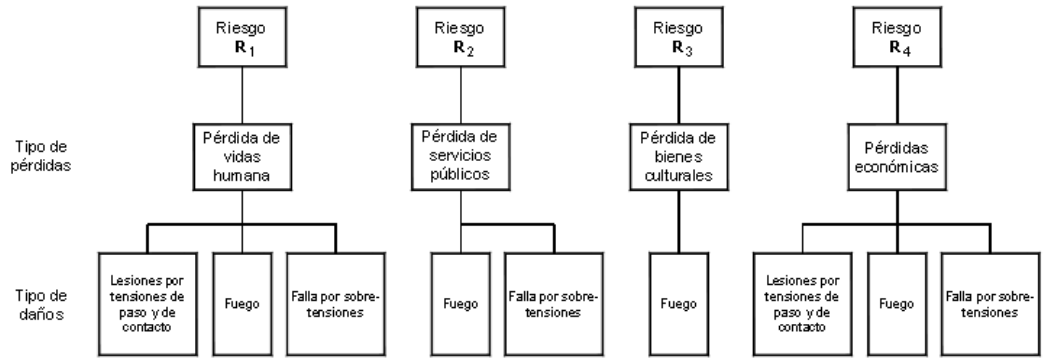
$$R \leq R_T$$

Si más de un tipo de pérdida podría aparecer en el objeto que se protegerá, la condición $R \leq R_T$ será satisfecha para cada tipo de la pérdida (L1, L2 y L3).

Los valores del riesgo tolerable R_T donde el resultado del impacto de rayo sea la pérdida de artículos de valor social, debe estar bajo la responsabilidad del organismo nacional competente.

NOTA: El detalle sobre la información de la evaluación del riesgo y el procedimiento para la selección de protección están descritas en la NTC4552-2

Los tipos de pérdida que resultan de tipos de daño y la relación con el riesgo se muestran en la figura 7.



1) Solamente para hospitales u otro tipo de estructuras las fallas en sistemas eléctricos o electrónicos comprometen vidas humanas

Figura 7. Tipo de pérdidas como resultado de diferentes tipos de daño.

4.2. Conveniencias económicas de la protección contra rayo.

Además de necesitar la protección contra rayo para que el objeto sea protegido. Puede ser útil evaluar las ventajas económicas al proporcionar medidas de protección para reducir pérdidas económicas del tipo L4.

En este caso el riesgo de pérdida de valores económicos R_4 debe ser determinado. La evaluación del riesgo R_4 permite calcular el costo de la pérdida económica con y sin medidas de protección.

La protección contra rayos es conveniente si la suma del costo de pérdida residual en la presencia de medidas de protección C_{RL} y del costo de medidas de protección C_{PM} es más baja que el costo de pérdida total sin medidas de la protección C_L:

$$C_{RL}+C_{PM}<C_L$$

NOTA: Toda la información descrita en este proyecto es obtenida directamente y reescrito de la norma NTC4552-2 y tiene como fin la correcta interpretación de este ejercicio.

Una vez dado el soporte teórico para la interpretación que arroje este análisis se obtiene la evaluación de riesgo con ayuda de un programa realizado por SEGELECTRICA tal y como muestra en la figura 8.

PROYECTO:	ELECTRIFICACIÓN PREDIOS RURALES YUCAO
DIMENSIONES DE LA ESTRUCTURA A PROTEGER	
Largo de la estructura **L** (m)	8
Ancho de la estructura **W** (m)	6
Altura máxima de la estructura **H** (m)	4
Marque si la estructura posee parte sobresaliente.	☐ Ejemplo de dimensiones de estructura
Altura máxima de la estructura **Hp** (m)	4
Densidad de rayos a tierra (Rayos/km²-año) **DDT**	1 DDT
CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO	
Seleccione la localizacion de la estructura a ser protegida.	Aislado: sin objetos en la ve
Ambiente donde están las acometidas de la estructura.	Rural
Selecione el tipo de suelo en el **interior** de la estructura	Prado, concreto.
Selecione el tipo de suelo en el **exterior** de la estructura	Prado, concreto.
CARACTERÍSTICAS DE LAS ACOMETIDAS DE SERVICIOS	
ACOMETIDA DE POTENCIA	
Marque si la estructura a proteger tiene una estructura adyacente de donde proviene la acometida de potencia	☐ Ejemplo de estructura adyacente
Longitud de la estructura adyacente **La** (m)	0
Ancho de la estructura adyacente **Wa** (m)	0
Altura de la estructura adyacente **Ha** (m)	0
Seleccione la localizacion de la estructura adyacente	Aislado: sin objetos en la vecindad
Seleccione el tipo de acometida	Acometida Subterranea
Altura de los conductores de potencia desde el nivel de la tierra **Hc** (m)	0
Seleccione la localizacion de la acometida de servicio	Aislado: sin objetos en la vecindad
Ingrese la longitud de la acometida de servicio (m)	10
Transformador AT/BT en la acometida	Acometida con Transformador
Ingrese la resistividad del suelo ρ (Ωm)	243
ACOMETIDA DE COMUNICACIONES	
Marque si la estructura a proteger tiene una estructura adyacente de donde proviene la acometida	☐ Ejemplo de estructura adyacente
Longitud de la estructura adyacente **La** (m)	0
Ancho de la estructura adyacente **Wa** (m)	0
Altura de la estructura adyacente **Ha** (m)	0
Seleccione la localizacion de la estructura adyacente	Aislado: sin objetos en la vecindad
Ingrese el número de acometidas de comunicaciones	1
Seleccione el tipo de acometida	Acometida Aérea
Altura de los conductores de comunicaciones desde el nivel de la tierra **Hc** (m)	5
Seleccione la localizacion de esta acometida.	Aislado: sin objetos en la vecindad
Ingrese la longitud de la acometida de servicio (m)	12

EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS

PÉRDIDAS DE VIDAS HUMANAS

Seleccione el uso de la estructura.	Otros
Marque si pueden haber personas expuestas a tensiones de paso y de contacto dentro de la estructura, fuera de la estructura o en ambas ubicaciones.	☑ Dentro de la estructura ☑ Fuera de la estructura
Pérdidas por sobretensiones en instalaciones con sistemas eléctricos críticos.	Sistemas eléctricos o electró
Selecione el riesgo por fuego en la estructura.	Bajo (Estructuras que almacenen material com

Selecione la medida de prevención para reducir las consecuencias por fuego.

Sin medida de prevención

Selecione la situación especial de peligro.

Contaminación al medio ambiente o el entorno.

PÉRDIDA DE SERVICIOS ESCENCIALES

Selecione el tipo de servicio público que no se debería perder.	No existen servicios escenciales

PÉRDIDA DE HERENCIA CULTURAL IRREEMPLAZABLE

Seleccione si existe herencia cultural irreemplazable en la edificiación.	☐

OTRO TIPO DE ACOMETIDA

Marque si la estructura a proteger tiene una estructura adyacente de donde proviene la acometida de potencia	☐ Ejemplo de estructura adyacente
Longitud de la estructura adyacente **La** (m)	0
Ancho de la estructura adyacente **Wa** (m)	0
Altura de la estructura adyacente **Ha** (m)	0
Seleccione la localizacion de la estructura adyacente	Aislado: sin objetos en la vecindad
Ingrese el número de acometidas	1
Seleccione el tipo de acometida	Acometida Aérea
Altura de los conductores desde el nivel de la tierra **Hc** (m)	8
Seleccione la localizacion de la acometida de servicio	Aislado: sin objetos en la vecindad
Ingrese la longitud de la acometida de servicio (m)	12

ACCIONES PREVENTIVAS FRENTE AL RIESGO POR RAYO

Medidas tomadas frente a tensiones de paso y contacto.	☑ Sin medidas de protección
	☐ Aislamiento eléctrico de bajantes expuestas
	☐ Equipotencialización efectiva a nivel del suelo
	☐ Avisos de advertencia
	☐ Refuerzos estructurales como bajantes o restricciones físicas

Selecione el nivel de protección de la estructura

Estructura no protegida

Seleccione el sistema de protección interno adoptado en edificio	Sin sistema de protección interno
Si la estructura a proteger posee paredes y techos metálicos con un espesor entre 0,1 mm y 0,5 mm marque la casilla.	☑
Tamaño de la cuadrícula para apantallamientos localizados, distancia entre bajantes o distancia entre columnas si se utiliza un sistema natural w (m)	1
Tipo de cableado interno	Sin apantallamiento y con lazos inductivos (conductore
Marque la casilla si la pantalla del cable esta conectada a la misma barra equipotencial a la cual esta conectado el equipo.	☑
Tipo de canalización	○ Metálica puetas a tierra en ambos extremos ○ Metálica no puesta a tierra o en un solo extremo ● No Metálica
Ingrese el menor valor de tensión soportable al impulso tipo rayo en voltios, del sistema a proteger (BIL equipos) **Uw**	2000
Marque la casilla si existe equipotencialización de las estructuras metálicas, sistemas internos, partes conductoras extern acometidas de servicio y líneas conectadas a la estructura a proteger	☑

EVALUACIÓN DE RIESGO DE LA ESTRUCTURA		
PROYECTO:	ECTRIFICACIÓN PREDIOS RURALES YUC	
© Copyright: Seguridad Eléctrica Ltda.		
RIESGO DE PÉRDIDA DE VIDAS HUMANAS	RIESGO DE PÉRDIDA DEL SERVICIO PÚBLICO	RIESGO DE PÉRDIDA DEL PATRIMONIO CULTURAL
R_1	R_2	R_3
4,9871E-07	0,00E+00	0,00E+00
R_1	R_2	R_3
1,0000000E-05	1,00E-03	1,00E-03
R_1	R_2	R_3
OK!!! RIESGO CONTROLADO	OK!!! RIESGO CONTROLADO	OK!!! RIESGO CONTROLADO

VALORES DE RIESGO CALCULADO

VALORES DE RIESGO TOLERABLE

CONTROL DEL RIESGO

Figura 8. Resultados análisis de riesgos.

Con lo mostrado en el análisis de la figura anterior, se demuestra que no tiene necesidad para las instalaciones de uso final al instalar esta red eléctricas de un sistema de apantallamiento o DPS en baja tensión para los tableros eléctricos. Sin embargo, se instalará pararrayos en el lado primario del transformador como protección obligatoria según mencionado por norma EMSA y RETIE (ver características de estos DPS en el análisis de coordinación de aislamiento eléctrico).

vi. Análisis de origen eléctrico y medidas para mitigarlo.

De acuerdo al RETIE vigente y las normas CODENSA E.S.P S.A, para todo proyecto que se construya se debe implementar lo correspondiente a:

1. Salud Ocupacional.
2. Normatividad en seguridad industrial y se implementan todo correspondiente a las 5 reglas de oro para trabajos en redes energizadas.
3. Normas Ambientales.

1. **SALUD OCUPACIONAL.**

En cuanto lo que respecta se debe implementar una vigía de salud ocupacional o técnico en salud ocupacional de acuerdo al tamaño de la empresa constructora, para prevenir riesgos a las personas del proyecto a construir se verificará las respectivas afiliaciones en

lo que corresponde a salud, pensiones y ARP al que corresponde en cuanto a nivel de riesgo.
Se debe exigir todo lo que encierra la planilla asistida y verificación en la obra el día de inicio de labores, y se debe implementar con charlas al personal periódicas de cada 8 días y el encargado debe ser el técnico en salud ocupacional asignado de parte del contratista.

2. NORMATIVIDAD SEGURIDAD INDUSTRIAL

2.1. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

-Efectuar el trámite correspondiente ante el operador de red como son las consignaciones o cortes de servicio respectivo a 13.2kV o 34.5kV según el nivel de voltaje que aplique o ante entidades estatales los trámites correspondientes según el trabajo a realizar.
-Realizar los permisos o licencias correspondientes ante los reguladores o corporaciones autónomas si se requieren de acuerdo al paso de las redes a construir por zonas o parques donde tengamos árboles nativos, nacimientos de agua o paramos que se puedan afectar.
-Revisar que la estructura a trabajar este des energizado físicamente.
-Revisar que el material a instalar tenga certificado del producto y por tanto cumpla la norma.
.Producto debe estar certificado y homologado.
-Aterrizar la línea 13.2kV, 34.5kV o cualquier otro nivel de Voltaje a la que se va a intervenir mediante una herramienta certificada para lo pertinente.

2.2. LAS 5 REGLAS DE ORO PARA TRABAJOS EN REDES DESENERGIZADAS.

1. Desconectar, corte visible o efectivo.
2. Enclavamiento, bloqueo y señalización.
3. Comprobación de ausencia de tensión.
4. Puesta a tierra y cortocircuito.
5. Señalización de la zona de trabajo.

3. ASPECTOS AMBIENTALES.

En cuanto al medio ambiente debemos lograr en más mínimo daño al hábitat de cada zona donde se efectúen trabajos de redes en M.T y B.T de qué manera:

-Solicitando los permisos respectivos a las entidades correspondientes.
-Evitar la tala de árboles y mirando de que especie pertenece.
-Recogiendo los desperdicios o residuos como colas de aluminio cobre y demás materiales utilizados en la obra y los materiales desmantelados como aisladores y otros ya que estos tiene tiempo de descomposición muy largo y si contaminan el medio ambiente.
-Recoger todo el material que no se necesite y que cumplió su vida útil y llevarlo al lugar destinado por la empresa para su almacenamiento.
-Donde se intervienen transformadores evitar la fuga de aceites por son inflamables y puede ocasionar incendios.

A continuación se evalúa los riesgos conforme al artículo 9 del RETIE versión 2013

RIESGO A EVALUAR:	ELECTROCUCIÓN	por	ARCO ELÉCTRICO	(al) o (en)	RED DE MEDIA-BAJA TENSIÓN Y TRANSFORMADOR
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO		FUENTE

POTENCIAL _X_	REAL ___	FRECUENCIA

CONSECUENCIAS						E	D	C	B	A
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		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: Ing. Jorge Andrés Zambrano Correa MP: QN205-72854 Fecha: Julio 2.023

	CONSECUENCIAS	FRECUENCIA	NIVEL	MEDIDAS DE PROTECCIÓN
En personas	5	D	ALTO	• 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
Económicas	1	D	BAJO	
Ambientales	1	D	BAJO	
En la imagen de la empresa	2	D	BAJO	

RIESGO A EVALUAR:	ELECTROCUCIÓN	por	CONTACTO DIRECTO	(al) o (en)	RED DE MEDIA-BAJA TENSIÓN Y TRANSFORMADOR
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO		FUENTE

POTENCIAL _X_	REAL ___	FRECUENCIA

CONSECUENCIAS						E	D	C	B	A
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		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: Ing. Jorge Andrés Zambrano Correa MP: QN205-72854 Fecha: Julio 2.023

	CONSECUENCIAS	FRECUENCIA	NIVEL	MEDIDAS DE PROTECCIÓN
En personas	5	D	ALTO	• 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.
Económicas	1	D	BAJO	
Ambientales	1	D	BAJO	
En la imagen de la empresa	2	D	BAJO	

RIESGO A EVALUAR:	ELECTROCUCIÓN	por	CONTACTO INDIRECTO	(al) o (en)	RED DE MEDIA-BAJA TENSIÓN Y TRANSFORMADOR
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO		FUENTE

POTENCIAL _X_	REAL ___	**FRECUENCIA**

							E	**D**	**C**	**B**	**A**
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa			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
CONSECUENCIAS	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: Ing. Jorge Andrés Zambrano Correa MP: QN205-72854 Fecha: Julio 2.023

	CONSECUENCIAS	FRECUENCIA	NIVEL	MEDIDAS DE PROTECCIÓN
En personas	5	D	ALTO	• Separación de circuitos • Uso de muy baja tensión • Distancias de seguridad • Conexiones equipotenciales • Sistemas de puesta a tierra • Interruptores diferenciales • Mantenimiento preventivo y correctivo
Económicas	1	D	BAJO	
Ambientales	1	D	BAJO	
En la imagen de la empresa	2	D	BAJO	

RIESGO A EVALUAR:	ELECTROCUCIÓN	por	CORTOCIRCUITO	(al) o (en)	RED DE MEDIA- Y TRANSFORMADOR
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO		FUENTE

POTENCIAL _X_	REAL ___	**FRECUENCIA**

CONSECUENCIAS						**E**	**D**	**C**	**B**	**A**
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		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: Ing. Jorge Andrés Zambrano Correa MP: QN205-72854 Fecha: Julio 2.023

	CONSECUENCIAS	FRECUENCIA	NIVEL	MEDIDAS DE PROTECCIÓN
En personas	3	D	MEDIO	• Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente • cortacircuitos fusibles
Económicas	3	D	MEDIO	
Ambientales	1	E	MUY BAJO	
En la imagen de la empresa	1	D	BAJO	

RIESGO A EVALUAR:	ELECTROCUCIÓN	por	ELECTRICIDAD ESTÁTICA	(al) o (en)	RED DE MEDIA-BAJA TENSIÓN Y TRANSFORMADOR
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO		FUENTE

POTENCIAL _X_	REAL ___	FRECUENCIA

CONSECUENCIAS						E	D	C	B	A
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		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: Ing. Jorge Andrés Zambrano Correa MP: QN205-72854 Fecha: Julio 2.023

	CONSECUENCIAS	FRECUENCIA	NIVEL	MEDIDAS DE PROTECCIÓN
En personas	5	D	ALTO	• Sistemas de puesta a tierra • Conexiones equipotenciales • Aumento de la humedad relativa • Ionización del ambiente • Eliminadores eléctricos y radiactivos • Pisos conductivos
Económicas	1	D	BAJO	
Ambientales	1	D	MEDIO	
En la imagen de la empresa	1	D	BAJO	

Tabla 17. Análisis de matriz de riesgos.

vii. Análisis del nivel de tensión requerido.

Con el fin de determinar el nivel de tensión requerido se evalúa inicialmente el nivel de tensión en redes de distribución (Media Tensión) que se maneja en la zona y que el Operador de Red es quien distribuye y administra la energía eléctrica de la localidad donde se encuentra el proyecto. La instalación objeto del estudio, requiere de una carga demandada de 5,0kVA y de acuerdo a visitas al sitio e información aportada por el operador de energía de zona, los proyectos en estudio se encuentra cercanos a una red eléctrica trifásica en media tensión según la localización de estos a nivel nacional (Nivel II), con niveles de tensión y operadores de red diferentes según su ubicación. Las cargas internas que Incluye el proyecto es de tipo monofásico-trifilar a un nivel de tensión 120/240V, de este modo el nivel de tensión requerido para el transformador que alimentará el proyecto deberá ser: 13200/240-120V.

viii. Cálculos de campos electromagnéticos para asegurar que en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no superen los límites de exposición definidos.

En el sitio donde se ejecutará las instalaciones no se encuentra a la vista líneas mayores de 57,5kV o corrientes circulantes en baja tensión mayor a 1kA por lo tanto no requiere un estudio de campos electromagnéticos.

ix. Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en las cargas resultantes y los costos de energía.

Normalmente en los transformadores que alimenta cierta corriente de carga, se producen fenómenos que se representan por la presencia de corrientes parásitas adicionales, con el uso de cargas eléctricas no lineales conlleva a la aplicación de cargas armónicas a los

transformadores de distribución de pequeña y mediana potencia. Para este tipo de fenómenos la norma IEEE Std C5.110-1998 (Recomended Practice for Establishing Transfonner Capability), recomienda procedimientos para el cálculo de los efectos armónicos en los transformadores de dos arrollamientos inmersos en líquido o de tipo seco incluyendo los de devanado impregnado y encapsulado en resina.

Las pérdidas en un transformador están compuestas por *las* pérdidas en vacío y las pérdidas en carga. Estas a su vez se las subdivide en pérdidas Joule (I2R) y pérdidas adicionales. Las pérdidas adicionales son debidas a flujos parásitos en los devanados, núcleo, elementos de fijación del núcleo, pantallas magnéticas, paredes de la cuba, etc.

Las pérdidas adicionales de los devanados son debidas al efecto pelicular en los conductores y en los circuitos en paralelo. La determinación precisa de las corrientes parásitas adicionales producidas por las corrientes armónicas es un tema complejo que depende del diseño y construcción del transformador y que implica realizar sofisticados análisis computacionales. Las pérdidas adicionales se obtienen como diferencia entre las

pérdidas medidas en carga menos las pérdidas calculadas utilizando la medición de las resistencias.

De acuerdo a lo citado anteriormente, las pérdidas totales en carga resultan:

$$P_{LL} = P + P_{EC} + P_{OSL}$$

Donde:

P_{LL}: Pérdidas en carga (W)
P : Componente I^2R de las pérdidas en carga (W)
PEC: Pérdidas adicionales en los devanados (W)
P_{OSL}: Otras pérdidas adicionales (W)

Teniendo en cuenta el efecto de distorsión armónica el valor eficaz de la corriente se incrementa, luego se aumentan las pérdidas en carga $P = I^2R$, las pérdidas adicionales P_{EC} en los devanados dentro del espectro de frecuencias normalmente considerado, tienden a ser proporcionales al cuadrado de la corriente de carga y al cuadrado de la frecuencia, causa de un posterior incremento de pérdidas . El resto de las pérdidas adicionales P_{OSL}, núcleo, partes estructurales, también se incrementa con el cuadrado de la corriente pero no con el cuadrado de la frecuencia como en los devanados. Además las corrientes armónicas frecuentemente están acompañadas por una componente de corriente continua, que incrementa ligeramente las pérdidas en el núcleo, pero incrementa importantemente la corriente de magnetización y el nivel audible de ruido.

Normalmente en un transformador con carga nominal y corriente sin armónicos se deben respetar las sobreelevaciones de temperatura indicadas por las normas, si la carga incluye

armónicas las mayores pérdidas son causa se mayores sobreelevaciones de temperatura. Las normas *Underwriters laboratory DL 1561 Dry-Type General Purpose and Power Transfonners y IIL 1562 Transformers, Distribution, Dry-Type-Over 600 Volts*, definen un factor K (*basado en la norma ANSI/IEEE C57.11O*) que permite ponderar el efecto de las corrientes armónicas en el calentamiento de los transformadores:

$$K = \sum_{k=1}^{\infty} I_k(pu)^2 h^2$$

Donde $I_k$es el valor eficaz de la corriente de carga de la armónica "h" en pu referida a la corriente eficaz nominal del transformador.

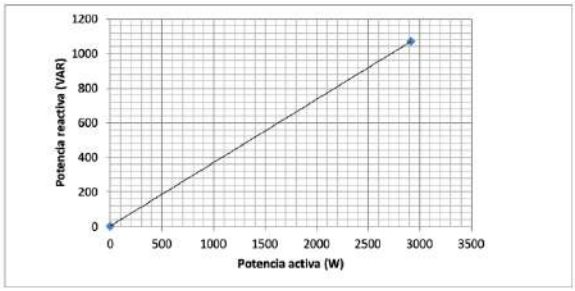
El factor K permite evaluar el efecto que las corrientes ann6nicas tienen en el calentamiento del transformador. Un factor K=1 indica la no presencia de armónicos. En consecuencia

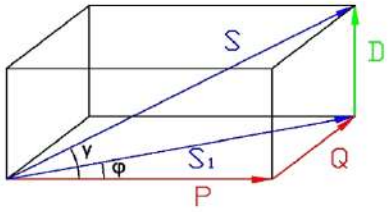
cuanto más alto es el factor K, mayor es el efecto de calentamiento producido por los armónicos. Los transformadores con un factor K son diseñados para funcionar a plena carga con cualquier contenido armónico cuyo factor K resulte igual o menor al factor K declarado por el fabricante en la chapa de características del transformador. Estos transformadores difieren de los transformadores normales debido a que tienen una capacidad térmica adicional que le permite tolerar los efectos térmicos debidos a las corrientes armónicas.

En la tabla N°18 se presenta el cálculo del transformador teniendo en cuenta dicho factor "k" para la correcta selección del equipo a instalar.

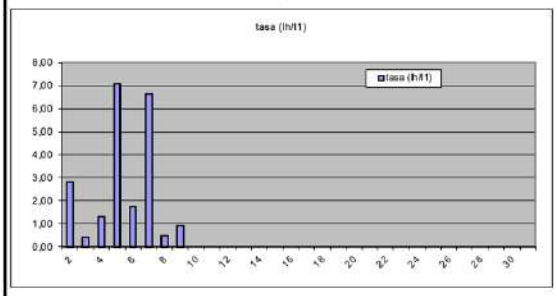
CARGA INSTALADA TOTAL	1ϕ	3.106	VA
FACTOR DE DEMANDA	-	1	
CARGA DEMANDA TOTAL	1ϕ	3.106	VA

TRANSFORMADOR SELECCIONADO A USAR	1ϕ	3,3	kVA
Tipo de alimentación		Monofásico	
Nivel de tensión primaria	V	13.200	
Nivel de tensión secundaria	V	240/120	
Frecuencia	Hz	60	
Potencia demandada	W	2.795	
Perdidas en vacio	W	30	
Perdidas plena carga A 85°C	W	90	
Potencia activa total	W	2.915	
Potencia reactiva del transformador	VAR	1.071,2	
Factor de potencia (cosθ)	---	0,9	
Componente armónica de corriente	%	0,235	





Factor de potencia por distorsión armónica	PF_{ar}	$PF_{ar} = \frac{1}{\sqrt{1+THD_I^2}}$	0,973481
Factor de potencia total con distorsión armónica	PF_T	$PF_T = \cos\emptyset * PF_{ar}$	0,8761329
Factor de calentamiento por efectos armónicos	K	$K = \sum_{h=1}^{n} I_h (ph)^2 h^2$	0,9



Armónico	Corriente RMS In	$\frac{I_n}{I_1}$	$\left(\frac{I_n}{I_1}\right)^2$	$\frac{I_n}{I}$	$\left(\frac{I_n}{I}\right)^2$	$\left(\frac{I_n}{I}\right)^2 \cdot h^2$
1	1	1	1	1	1	1
3	0,11	0,11	0,0121	0,11	0,0121	0,1089
5	0,05	0,05	0,0025	0,05	0,0025	0,0625
7	0,01	0,01	0,0001	0,01	0,0001	0,0049
9	0,02	0,02	0,0004	0,02	0,0004	0,0324
11	0,03	0,03	0,0009	0,03	0,0009	0,1089
13	0,03	0,03	0,0009	0,03	0,0009	0,1521

THDi= 23,50% Factor K= 0,9

Tabla 18. Selección del transformador basado en la norma ANSI/IEEE C57.110.

Como se puede demostrar, la carga seleccionada teniendo en cuenta el efecto de los armónicos a un tasa THDi=23,5%, carga en vacío y a plena carga. La carga total sería de **3,3kVA** por lo que el transformador cumple con las necesidades establecidas por la norma.

x. Cálculo del sistema de puesta a tierra.

Se requiere efectuar el diseño del sistema de puesta a tierra para la instalación eléctrica de la Electrificación predios rurales vereda Yucao sector triángulo del puma. Para efectos de diseño se toma como resistividad del terreno el valor de 243,75Ω-m (ver resultado medida de resistividad), el cual corresponde a un terreno arcillo-arenoso húmedo, típico de la zona en la cual se construirá el proyecto.

I. DESARROLLO DEL CÁLCULO.

1. Cálculo del calibre del conductor.

Cálculo del calibre mínimo para el conductor del sistema de puesta a tierra

$$A_{mm^2} = \frac{IK_f \sqrt[2]{t_c}}{1{,}9737}$$

En donde:

A_{mm^2} Es la sección del conductor en mm^2.

I Es la corriente de falla en KA. “0,08kA”

K_f Es la constante dada por la tabla 19 para diferentes materiales y valores de T_m (T_m es la temperatura de fusión o el límite de temperatura del conductor a una temperatura ambiente de 40°C).

Material	Conductividad (%)	tm (°C)	K_f
Cobre blando	100	1083	7
Cobre duro cuando se utiliza soldadura exotérmica	97	1084	7,06
Cobre duro cuando se utiliza conector metálico	97	250	11,78
Alambre de acero recubierto de cobre	40	1084	10,45
Varilla de acero recubierta de cobre	20	1084	14,64
Aluminio grado EC	61	657	12,12
Aleación de aluminio 5005	53,5	652	12,41
Aleación de aluminio 6201	52,5	654	12,47
Alambre de acero recubierto de aluminio	20,3	657	17,2
Acero 1020	10,8	1510	15,95
Varilla de acero recubierta en acero inoxidable	9,8	1400	14,72
Varilla de acero con baño de cinc (galvanizado)	8,5	419	28,96
Acero inoxidable 304	2,4	1400	30,05

Tabla 19. Constantes de materiales de la norma IEEE 80.

Si se usa el cobre duro para utilizar soldadura exotérmica y aplicando la teoría dada se tiene el siguiente resultado:

$$A_{mm^2} = \frac{0{,}08 * 7{,}06^2 * \sqrt[2]{0{,}15}}{1{,}9737}$$

$$A_{mm^2} = 0{,}78mm^2$$

Y de acuerdo con la siguiente tabla:

CALIBRE DEL CONDUCTOR		AREA NOMINAL	DIAMETRO
MCM	AWG	mm^2	m
350		177,35	0,015
300		152,01	0,0139
250		126,68	0,0127
211,6	4/0	107,22	0,0117
167,8	3/0	85,03	0,0104
133,1	2/0	67,44	0,0093

Tabla 20. Selección del conductor según IEE-80.

Seleccionamos conductor de cobre calibre 2/0 o su equivalente el cual es el mínimo recomendado para sistemas de puesta a tierra en subestaciones.

$$A\ cobre\ 2/0 = 133.1\ MCM$$

2. CÁLCULO MALLA A TIERRA.

1.1. Metodología y alcance de las medidas realizadas.

La resistividad del terreno hace referencia a la resistencia que ofrece al paso de la corriente un cubo de terreno de 1mx1mx1m, su representación dimensional debe estar expresada en Ohm-m.

Esta resistividad varía ampliamente a lo largo y ancho del globo terrestre, y se ve afectada por los siguientes factores:

· Sales solubles.
· Composición propia del terreno.
· Estratigrafía.
· Granulometría.
· Estado higrométrico.
· Temperatura.
· Compactación.

El método utilizado para realizar la medida de resistividad del terreno, es el método de WENNER.

MÉTODO DE WENNER: Con objeto de medir la resistividad del suelo se hace necesario insertar los 4 electrodos en el suelo. Los cuatro electrodos se colocan en línea recta y a una misma profundidad de penetración, las mediciones de resistividad dependerán de la distancia entre electrodos y de la profundidad de enterramiento de los electrodos y por el contrario no dependen en forma apreciable del tamaño y del material de los electrodos, aunque si dependen de la clase de contacto que se haga con la tierra.

El principio básico de este método es la inyección de una corriente directa o de baja frecuencia a través de la tierra entre dos electrodos C1 y C2 mientras que el potencial que aparece se mide entre dos electrodos P1 y P2. Estos electrodos están enterrados en línea recta y a igual separación entre ellos. La razón V/I es conocida como la resistencia aparente. La resistividad aparente del terreno es una función de esta resistencia y de la geometría del electrodo.

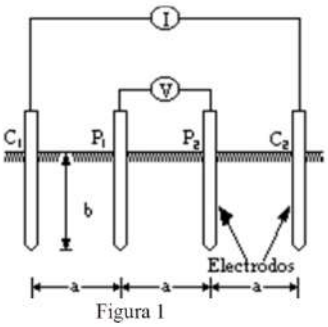


Figura 5. Esquema de conexión.

En la figura 5 se observa esquemáticamente la disposición de los electrodos, en donde la corriente se inyecta a través de los electrodos exteriores y el potencial se mide a través de los electrodos interiores. La resistividad aparente está dada por la siguiente expresión:

$$\rho = \frac{4\pi aR}{\left[1 + \left[\frac{2a}{(a^2 + 4b^2)^{0.5}}\right] - \left[\frac{2a}{(4a^2 + 4b^2)^{0.5}}\right]\right]}$$

$\rho = Resistividad\ promedio\ a\ la\ profundidad\ A\ en\ ohm.m$

$a = Distancia\ entre\ electrodos\ en\ metros$

$b = Profundidad\ de\ enterrado\ de\ los\ electrodos$

$R = Lectura\ del\ Telurometro\ en\ ohms$

Cuando la distancia enterrada (b) es pequeña comparada con la distancia de separación entre electrodos (a). O sea a>20b, la siguiente fórmula simplificada se puede aplicar:

$$\rho = 2\pi aR$$

La resistividad obtenida como resultado de las ecuaciones representa la resistividad promedio de un hemisferio del terreno de un radio igual a la separación de los electrodos.

Para realizar la toma de las medidas, utilizamos el telurómetro marca METREL modelo MI2088.

Es importante aclarar que los valores que arroja el telurómetro EUROTEST 61557 son valores de R (resistencia), para conocer el valor de la resistividad se debe utilizar la fórmula:

$$\rho = 2\pi aR$$

Las distancias que utilizamos para llevar a cabo la medida son las siguientes:

- Tomando como distancia de separación de los electrodos a: 1, 2, 3 Y 4m.
- Tomando como profundidad de los electrodos b: 15cm.

Se procedió a tomar las medidas en terreno y se procede al análisis de los resultados obtenidos.

ELECTRIFICACIÓN YUCAO SECTOR TRIÁNGULO DEL PUMA (EJE HORIZONTAL)					
Ítem	**Separación entre electrodos a [m]**	**Medida Dirección 1 [Ω.m]**	**Medida Dirección 2 [Ω.m]**	**Medida Dirección 3 [Ω.m]**	**PROMEDIO**
1	1	239	239	239	239,0
2	2	221	221	221	221,0
3	4	327	327	327	327,0
					262,3

Tabla 21. Resultados medición resistividad eje horizontal.

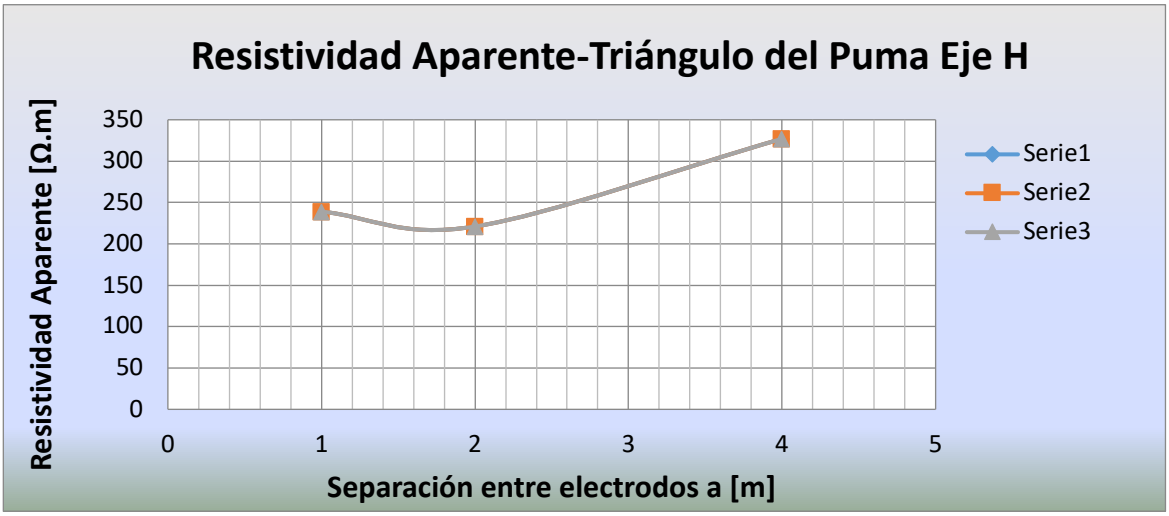


Figura 6. Curva resistividad aparente eje horizontal.

ELECTRIFICACIÓN YUCAO SECTOR TRIÁNGULO DEL PUMA (EJE VERTICAL)					
Ítem	**Separación entre electrodos a [m]**	**Medida Dirección 1 [Ω.m]**	**Medida Dirección 2 [Ω.m]**	**Medida Dirección 3 [Ω.m]**	**PROMEDIO**
1	1	255	255	255	255,0
2	2	260	260	260	260,0
3	4	277	277	277	277,0
					264,0

.Tabla 22. Resultados medición resistividad eje vertical.

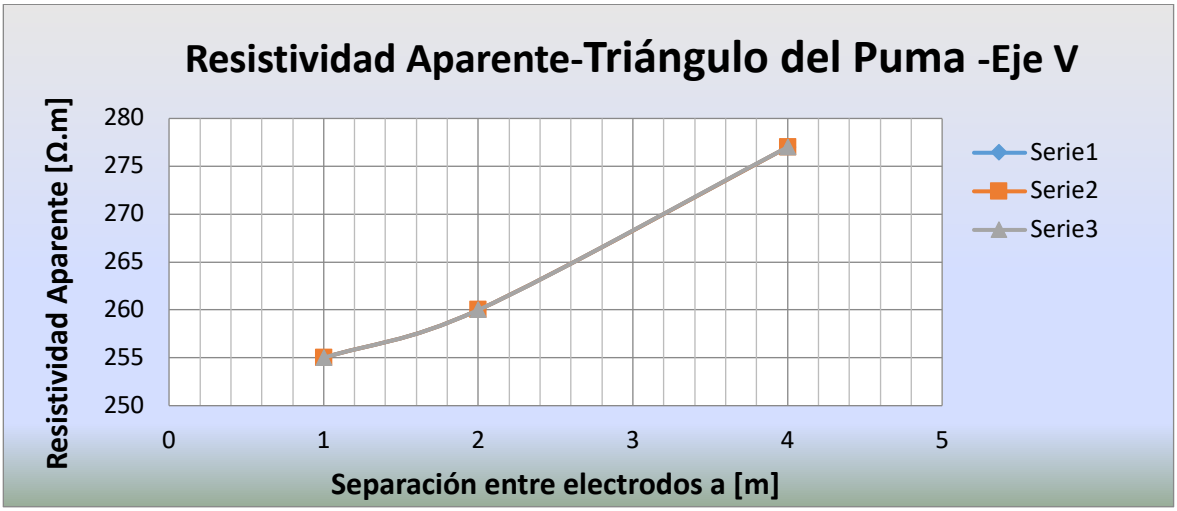


Figura 7. Curva resistividad aparente eje vertical.

.

Con las mediciones obtenidas se realiza una comparación para definir el método a utilizar.

SEPARACION	Medida Dirección 1 [Ω.m]	Medida Dirección 2 [Ω.m]	PROMEDIO	DESVIACION <50% MUESTRA 1	DESVIACION <50% MUESTRA 2	DESVIACION DEL 30% DEL VALOR MAS ALTO 1	DESVIACION DEL 30% DEL VALOR MAS ALTO 2
1	239	255	247,00	-1,95	4,62	-3,24	3,24
2	221	260	240,50	-9,33	6,67	-8,11	8,11
PROMEDIO	**1082,17**	**1145,00**	**243,75**				

Tabla 23. Comparación de resultados en resistividad para ambos ejes.

NOTA: De las desviaciones de las columnas que se muestra en la tabla 16, no hay valores con una desviación mayor al 50% que se presten para ser descartadas para cualquier análisis estadístico. Igualmente no hay valores mayores al 30% en las columnas, Por tal razón el **SUELO ES HOMOGENEO**.

Por lo tanto la resistividad obtenida es igual a **243,75Ω-m.**

Como la resistividad calculada es alta, se proyecta aplicar suelo artificial con el fin de baja la resistividad. Se proyecta usar favigel el cual reduce hasta el 10% de la resistividad natural en 30 días.

Una vez definida la resistividad, la corriente de cortocircuito (12,6A) y un tiempo de despeje de falla de 150ms se tiene los siguientes resultados:

DATOS BASE PARA EL CÁLCULO DEL SISTEMA PUESTA A TIERRA

RESISTIVIDAD APARENTE DEL TERRENO (ρ)	24,3			
TIEMPO DE DESPEJE DE LA FALLA t_e (s)	0,15			
CORRIENTE DE FALLA MONOFÁSICA A TIERRA (A)	12,60			
ESPESOR DE LA CAPA SUPERFICIAL (m)	0,15	"Entre 0,1 y 0,15m"		
MATERIAL DE LA CAPA SUPERFICAL (hs)	Granito			
PROFUNDIDAD DE ENTERRAMIENTO (m)	0,15			
RESISTIVIDAD DE LA CAPA SUPERFICIAL (ρs)	300	"Basalto"		
CORRIENTE DE FALLA MONOFÁSICA SECUN. (kA)	0,14			
ESPACIAMIENTO ENTRE CONDUCTORES (m)	2			
			CONDUCTOR	AREA (mm²)
MATERIAL PARA LA PUESTA A TIERRA	Cobre blando		2/0	67,44

GEOMETRIA DE LA MALLA CAUDRANGULAR	LARGO (m)	2	LONGITUD CONDUCTOR HORIZONTAL (m)	
	ANCHO (m)	2	8	
ÁREA OCUPADA POR LA PUESTA A TIERRA (m²)			4	

CARÁCTERISTICAS DEL ELÉCTRODO			
Longitud de la varilla (m)	2,4	Número de varillas	1

LONGITUD TOTAL (m)	
10	
¿Proyecta no montar electrodos tipo varilla o por lo menos montar varillas dentro de la malla?	SI

CÁLCULO DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA (Ω)	10,09

CÁLCULO DE TENSIONES Y COMPARACIONES

GPR (V)	228,79

TENSIÓN DE CONTACTO TOLERABLE	405,71	Persona de 50kg	TENSIÓN DE MALLA(V)	15,39
TENSIÓN DE PASO TOLERABLE	724,30	Persona de 50kg	TENSIÓN DE PASO (V)	40,57

¿CUMPLE LA TENSIÓN DE MALLA?	OK
¿CUMPLE LA TENSIÓN DE PASO?	OK
CUMPLE EL DISEÑO	**SI CUMPLE**

Tabla 24. Cálculo S.P.T

Con lo anterior se demuestra que se requerirá una malla de 2x2m con una profundidad de 0,15m obre el nivel del suelo y única cuadricula para obtener una resistencia mínima de **10,09Ω.**

Verificando la tensión de contacto se demuestra que la tensión de malla a un tiempo de despeje de falla de 150ms es de **15,39V (**menor a los 299V descrito en la tabla 15.1 del RETIE) por lo tanto **CUMPLE.**

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

La función primordial de un conductor eléctrico es dirigir comente desde la fuente o punto de acometida hasta el punto de utilización. La eficiencia en la transferencia de energía depende de su oposición al flujo eléctrico. Debido a su resistencia eléctrica, el conductor disipa en forma de calor, parte de la energía transportada; si se incrementa el diámetro del conductor disminuyen las pérdidas y, aunque implica un incremento en el precio inicial de la instalación, se compensa con la disminución en la pérdida de energía.

Los conductores se calculan para tener cierta caída de tensión, que equivale a pérdida de energía aproximada a ese valor, el cual está presente durante la vida útil del conductor, lo que refleja un costo operativo. En teoría, es posible disminuir las pérdidas a valores insignificantes al aumentar la sección del conductor, sin embargo, el costo del cableado y sus accesorios aumentan a valores que no son rentables, en ese caso, se puede buscar un equilibrio entre la ganancia económica en la reducción de las pérdidas y el incremento en el costo de la instalación, o se puede reducir la pérdida en el cableado a un valor especificado con anterioridad, por ejemplo, menor a uno por ciento.

En general, en el dimensionamiento de los conductores para la instalación eléctrica se privilegia en el argumento del costo inicial mínimo, lo que conlleva a altas pérdidas de energía durante su vida útil, hasta del cinco por ciento. La circulación de corriente por los conductores eléctricos genera pérdidas que necesitan cuantificarse para tomar medidas correctivas o determinar el costo económico que representa en su operación.

La pérdida de energía en un conductor se calcula a partir de su resistencia eléctrica, de la corriente que circula por él y del tiempo de circulación. Para calcularlo se utiliza la siguiente expresión:

$W_c = I^2 * R * t$ Donde: $R = \frac{\rho L}{s}$

La resistencia del conductor está determinada por su material (ρC_u), la longitud (L) y su sección transversal (s).

Donde:

W_c: Energía pérdida (disipada) en el conductor (Wh)
R: Resistencia eléctrica del conductor (Ω)
I: Corriente por el conductor (A)
t: Tiempo de circulación de la corriente (h)
ρ: Resistencia volumétrica del material ($W * mm^2/km$)
L: Longitud (m)
s: Sección transversal (mm^2)

De la expresión anterior se observa que, cuanto mayor sea la longitud del conductor, mayor será su resistencia, y mientras mayor sea su sección transversal, para la misma longitud, menor será su oposición al flujo de corriente eléctrica. Es recomendable disminuir la

oposición que presenta el conductor al flujo de la corriente eléctrica por medio del incremento de su diámetro, para la misma corriente que transporta.

En la tabla N°25 se presenta el cálculo económico del único ramal de baja tensión, teniendo en cuenta la capacidad amperimétrica, las perdidas por efecto Joule, el costo del cable y la caída de tensión; de las opciones se selecciona el conductor que mejor se comporte desde el punto de vista técnico-económico, según lo recomendado en el Artículo 10.1 del Reglamento de Instalaciones Eléctricas RETIE y lo analizado en la curvas de la imagen N°11, donde se relaciona el costo inicial y costo operativo de los cables en función de la sección transversal, en ellas se puede observar la intersección entre estas curvas, la cual me da un punto de referencia óptimo para dicha selección. La capacidad de corriente y parámetros de los conductores, se toma de basan en la Tabla 310-16 del Código eléctrico Colombiano NTC2050.

CARGA NOMINAL DEL TRANSFORMADOR	S[VA]	5.000
TIPO DE ALIMENTACIÓN	—	monofásico
NIVEL DE TENSIÓN SECUNDARIA	V[V]	240/120;60Hz
TEMPERATURA AMBIENTE	T[°C]	40
TEMPERATURA MÁXIMA DE OPERACIÓN	T[°C]	75
CORRIENTE NOMINAL DEL TRASNFORMADOR	In[A]	20,83
CARGA MÁXIMA PRIMER AÑO	In[A]*1,25	26,04
LONGITUD DE LA ACOMETIDA	L[m]	10
TASA DE CRECIMIENTO	AÑO	1
TASA DE DESCUENTO	%	6
TIEMPO DE OPERACIÓN POR DÍA	HORAS	24
TIEMPO DE OPERACIÓN AÑO	AÑO	8760
COSTO DEL kWh	$/kWh	859,93
AUMENTO ANUAL	%	3
FACTOR A	[$/m-mm²]	645,62
FACTOR r		0,99
FACTOR Q		18,42
FACTOR β		1
ρ20	Ω-m	1,835E-08
α20	1/K	0,0068
θm	°C	51,67

Nota:

No se considera el efecto de la inflación por lo tanto no se considerará el costo de la demanda

(Se desprecia las pérdidas en la cubierta).

AWG/KCMIL	Sección nominal del cable (mm²)	Corriente nominal del conductor para cable THHN A 75°C	Eficiencia del conductor Iu/In	Np	Nc	FACTOR F	Sec (mm²)	R	CI	CJ	CT
12	3,307	25	1,04	1	1	5.453,7	11,30	0,006743685	$60.210,00	$249.419	$309.629
10	5,26	35	0,74	1	1	5.453,7	11,30	0,0042398804	$92.320,00	$156.811	$249.131
8	8,367	50	0,52	1	1	5.453,7	11,30	0,002665396	$110.870,00	$98.581	$209.451
6	13,3	65	0,40	1	1	5.453,7	11,30	0,001676794	$206.720,00	$62.017	$268.737
4	21,15	85	0,31	1	1	5.453,7	11,30	0,001054438	$348.000,00	$38.999	$386.999
2	33,62	115	0,23	1	1	5.453,7	11,30	0,000663336	$490.000,00	$24.534	$514.534
1/0	53,48	150	0,17	1	1	5.453,7	11,30	0,000417004	$678.000,00	$15.423	$693.423
2/0	67,43	175	0,15	1	1	5.453,7	11,30	0,000330734	$368.120,00	$12.232	$380.352
3/0	86,01	200	0,13	1	1	5.453,7	11,30	0,000259288	$459.500,00	$9.590	$469.090
4/0	107,2	230	0,11	1	1	5.453,7	11,30	0,000208035	$537.500,00	$7.694	$545.194
250	126,67	255	0,10	1	1	5.453,7	11,30	0,000176059	$678.600,00	$6.512	$685.112
300	152,01	285	0,09	1	1	5.453,7	11,30	0,00014671	$742.500,00	$5.426	$747.926
350	177,34	310	0,08	1	1	5.453,7	11,30	0,000125755	$894.850,00	$4.651	$899.501
400	202,68	335	0,08	1	1	5.453,7	11,30	0,000110032	$1.002.000,00	$4.070	$1.006.070
500	253,35	380	0,07	1	1	5.453,7	11,30	8,80259E-05	$1.169.000,00	$3.256	$1.172.256

SELECCIÓN DEL CONDUCTOR	
De acuerdo a la gráfica de curvas de costos, la opción8 presenta el mejor comportamiento desde el punto de vista Técnico-Económico, estando cercano al punto de intersección con sección transversal para el cable No 8 por lo tanto la mejor opción para el grupo de conductores de la Acometida Principal será: 3X8-THHW al 75°C	2x8(F)+1x8(N)+1*8(T) Cu AWG-Aislamiento en THHW(90°C)

Tabla 25. Cálculo económico acometida según Art. 10.1 RETIE V.2013.

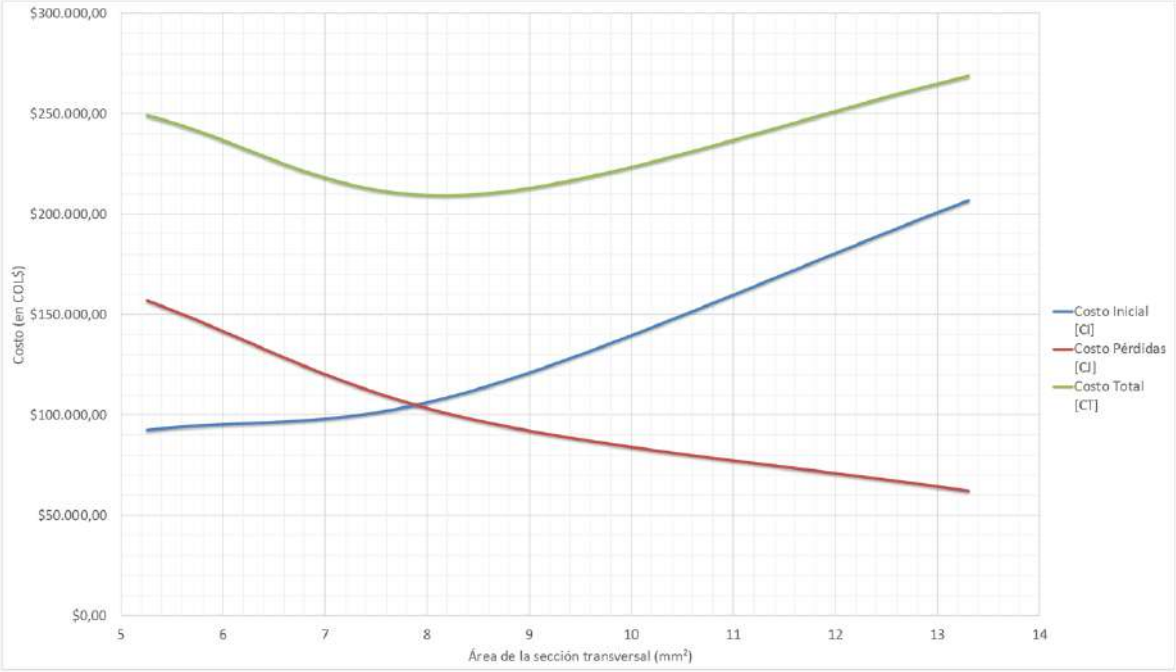


Figura 11. Costo inicial y costo operativo de los conductores en función de la sección transversal.

Como se puede demostrar en este cálculo, la selección del conductor en calibre No 8AWG como Acometida, se acomoda como el conductor económico para este proyecto.

xii. 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,IEE 242,capítulo 9 o equivalente.

Este proyecto consta en la implementación de un único fusible que corresponde a la protección del transformador. Por lo que se entendería que este ítem no aplica. Sin embargo, el cable de media tensión que se proyecta a instalar desde la red existente del O.R hasta los bornes primarios del transformador se puede verificar en la **figura 13** (coordinación de protecciones proyecto Electrificación predios rurales vereda Yucao sector triángulo del puma), la curva del conductor se encuentra por encima al de la protección. Por lo que garantiza que la protección decidida por norma cumple en parte su función.

Con el fin de verificar la capacidad del conductor frente a la corriente máxima de cortocircuito de la red en baja tensión. En la siguiente figura se demuestra que la capacidad de cortocircuito es mayor a la corriente de cortocircuito de la red (mostrado en la página 22).

$$I_{CC} = A \cdot k \cdot \sqrt{\frac{\log\left(\frac{T_2+\lambda}{T_1+\lambda}\right)}{t}}$$

Donde:

Icc:	Es la máxima capacidad de corriente de corto circuito. [A]
A:	Es el área del conductor. [mm²]
k:	Para cobre equivale a 341 y para aluminio equivale a 224.
λ:	Es la temperatura de resistencia cero. 234 °C para cobre y 228 °C para aluminio.
T1:	Es la temperatura de operación del conductor.
T2:	Es la temperatura máxima permisible en estado de falla. 250 °C.
t:	Es el tiempo de duración de la falla.

Nota: Información obtenida de cables y tecnología-Abril 2008

Área del conductor 2 AWG. (mm2)		33,63
	T1	25 ºC
	T2	75 ºC
	λ	228 ºC
	k	224
	Icc (Conductor 2AWG)=	5,44 kA
	Icc (máx red)=	0,27 kA
Icc(conductor 2AWG)>Icc (máx red)=		CUMPLE

Figura 12. Verificación conductor frente al cortocircuito.

xiii. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos.

En esta sección se consideran los criterios generales, para el dimensionamiento mecánico de los conductores aéreos. Se pretenden que la información contenida aquí sea una guía, y se deja al diseñador la responsabilidad de aplicar los criterios que las buenas prácticas y la experiencia en ingeniería aporten a la solución de problemas particulares.

El cálculo mecánico deberá hacerse teniendo en cuenta la acción de las cargas y sobrecargas sobre los conductores, su combinación, y las condiciones que se describen en los aparatos siguientes.

1. CÁLCULO PARA TRANSFORMADORES.

Según lo establecido por el RETIE versión 2013, capitulo 6 establece que para los transformadores en poste se pueden instalar para los siguientes postes en concreto:

Transformadores	Postes (kgf)
Menor a 112,5kVA	510kgf
Mayor a 112,5kVA con un peso de 600kgf	Mayor o igual a 510kgf
Entre 112,5kVA a 150kVA menor a 700kgf	Mayor o igual a 750kgf
Entre 150kVA a 250kVA menor a 700kgf	1050kgf

Tabla No 26. Selección del poste para el transformador.

Como en este proyecto se pretende instalar transformadores de 5kVA por RETIE se podrá usar un poste a lo expresado en la tabla No 26 por lo que se seleccionará un poste de **510kgf**.

xiv. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobre corrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC60947-2 anexo A.

La coordinación de protecciones en media tensión se tomará acorde a la norma **NTC-2797** para selección de fusibles en transformadores de distribución donde establece las reglas básicas y prácticas para la selección, aplicación y coordinación de fusibles en sistemas menores o iguales a 34,5kV.

1. Selección de la capacidad de interrupción.

El valor nominal de la capacidad de interrupción simétrica de un fusible debe ser mayor o igual a la máxima corriente de falla calculada sobre el lado de carga del fusible.

2. Característica de soporte térmico, mecánico y de sobrecarga.

Los transformadores deben estar diseñados y construidos para soportar esfuerzos de tipo mecánico y térmico resultantes de fallas externas. En general, el aumento de temperatura de este tipo de fallas es aceptable; sin embargo, los efectos mecánicos son intolerables cuando las fallas externas tienen un carácter repetitivo, debido al efecto acumulativo de los fenómenos de compresión, fatiga y desplazamiento internos en el material del aislamiento. El daño resultante ocasionado por estos fenómenos es una función de la magnitud, duración y frecuencia de las fallas.

En conclusión, la selección del fusible se efectúa superponiendo a la curva característica de corriente-tiempo de fusión mínima del fusible, la curva de capacidad térmica, mecánica y de sobrecarga del transformador, seleccionando aquel fusible cuya curva de máximo tiempo de fusión quede totalmente al lado izquierdo de la curva de capacidad térmica.

3. Protección contra corriente de cortocircuito.

El tiempo de operación del fusible para la interrupción de la corriente simétrica del cortocircuito del transformador, calculada según su impedancia, debe ser inferior al tiempo a lo establecido para que el transformador soporte el cortocircuito según lo descrito en la NTC532.

4. Capacidad para soportar la corriente de. Conexión del transformador (CORRIENTE DE INRUSH).

Cuando el transformador se energiza, existe una corriente de excitación cuya magnitud viene definida por el flujo residual en el núcleo del transformador y el punto de conexión en la curva de tensión.

En conclusión, se debe asegurar que la curva característica corriente-tiempo del fusible no corte la curva de conexión del transformador en la región por debajo de 0,1s

5. Ventajas y desventajas de la selección de un fusible de alta o baja relación.

Cuando se determina el uso de un fusible con relación de fusión alta o baja existen ventajas y desventajas que deben ser consideradas dentro de la filosofía de esta protección.

En general, los fusibles que presentan una relación de fusión baja protegen al transformador contra sobrecarga, pero se funden muy fácilmente con corrientes de conexión o sobre corrientes de corta duración; los fusibles con relación de fusión alta soportan descargas y protegen adecuadamente contra corrientes de cortocircuito, pero no protegen al transformador contras sobrecarga. Los fusibles tipo Dual, que presentan una relación de fusión baja para la zona de sobrecorrientes de larga duración, protegen al transformador no solamente contra las corrientes de sobrecarga sino también contra cortocircuito, debido a que su curva característica de corriente-tiempo de fusión mínima se adapta mejor a la curva característica del transformador de soporte térmico, mecánico y de sobrecarga.

Todo alimentador primario, ramales, derivaciones y acometidas en media tensión deben poseer protección contra sobre corrientes, instalada en el punto de conexión común o de arranque. El elemento considerado en media tensión contra sobre corriente es el fusible.

TIPO DE FUSIBLE	REACCIÓN	RELACIÓN DE VELOCIDAD	APLICACIÓN
H	Extra rápido	Varia entre 4 para 6A y 6 para 100A	Protección por el lado primario de transformadores pequeños y/o en lugares en los que se utilizan equipos electrónicos sensibles o que exijan una protección rápida como hospitales o centros de computo.
K	Rápido	Varia entre 5 para 6A y 8 para 200A	Protección de líneas de distribución.
T	Lento	Varia entre 10 para 6A y 13,7 para 200A	Coordinación de reconectadores.
VS	Muy lento	Varia entre 15 para 5A y 13,7 para 100A	Protección de transformadores.
Dual	Extralento	Varia entre 13 para 0.4A y 20 para 2,1A	Protección de transformadores. Cuando ocurre una falla que no sea peligrosa para el transformador. El fusible persiste o alcanza un nivel de riesgo, el fusible se fundirá.

Tabla No 27. Características fusibles.

Como la fusión mínima no es un factor critico si otros dispositivos no necesitan ser coordinados con el último fusible de la rama.

Para obtener una buena coordinación se debe cumplir que la relación:

$$\frac{Tiempo\ de\ despeje\ máximo\ del\ fusible\ protector}{Tiempo\ de\ fusión\ mínima\ del\ fusible\ protegido} * 100\% < 75\%$$

Con la teoría expuesta anterior se procede a mostrar la coordinación de protecciones con una filosofía de coordinación muy lenta, esto con el fin de proteger el transformador. Por consiguiente, se seleccionará el fusible mostrado a continuación.

Elemento	CAPACIDAD	FUSIBLE TIPO DUAL
Transformador	5kVA (1ø)	0,4

Tabla No 28. Selección inicial protección para el transformador.

Para la selección de las demás protecciones se deberá tener en cuenta la corriente de cortocircuito dada por el operador de red (0,08kA).

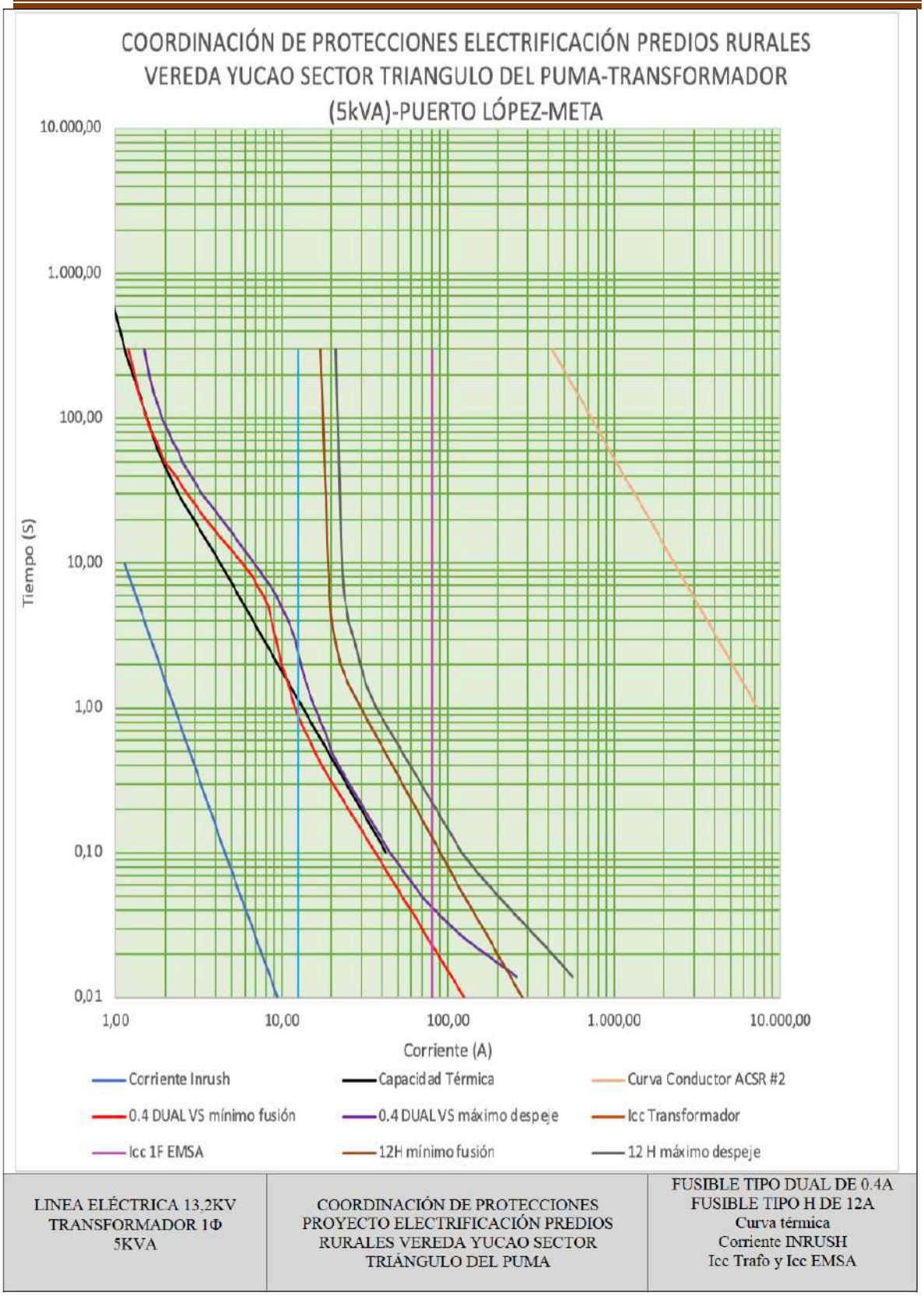


Figura 13. Coordinación de protecciones proyecto Electrificación predios rurales vereda Yucao sector triángulo del puma.

Como se puede demostrar en la figura 13, la selección del fusible para el transformador la curva de máximo despeje ligeramente SOBRESALE a la curva de capacidad de térmica del transformador sin entrelazar el tiempo mínimo de fusión con respecto a la corriente de Inrush. Esta característica sigue Cumpliendo así su función por dos razones. La primera por que el mínimo fusible que se consigue en el comercio y segundo por su eficiencia, el transformador podrá soportar estos esfuerzos antes de reaccionar el fusible.

También hay que agregar que el fusible de protección no entrelaza con la curva del fusible de arranque lo que también cumple con la restricción

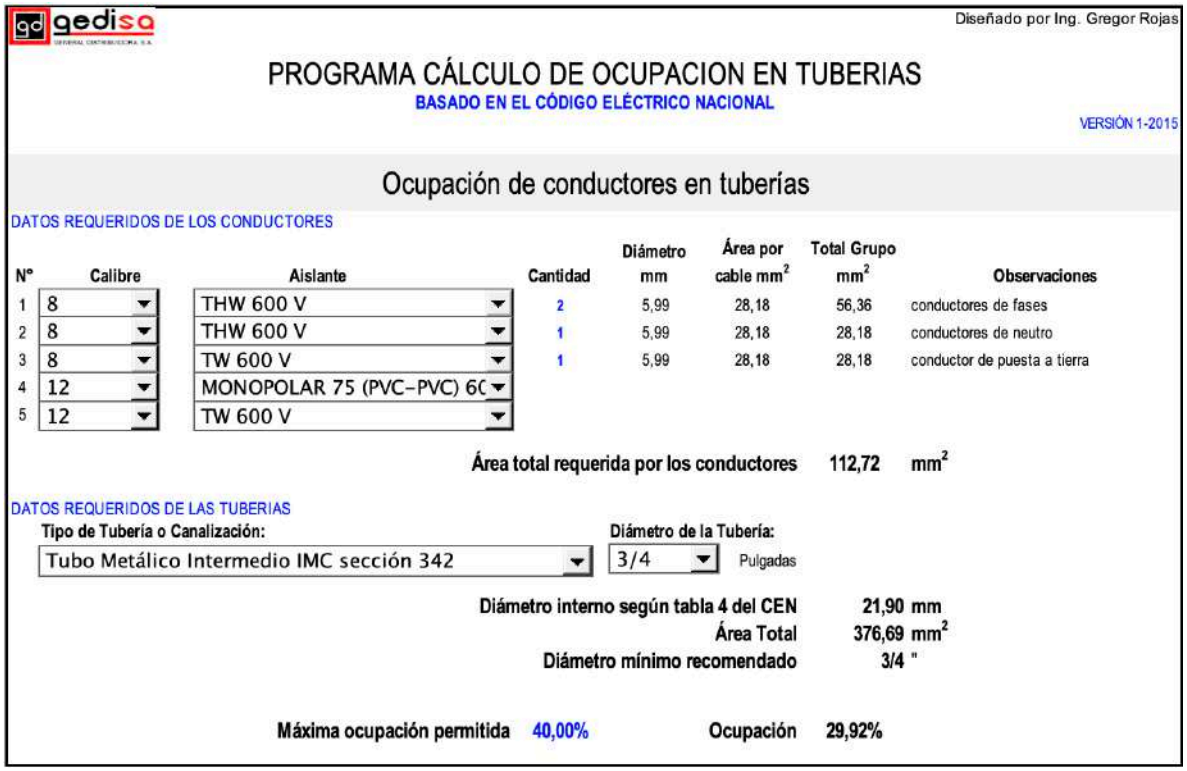
$$\frac{0{,}015}{0{,}15} * 100\% = 10\% < 75\% \ \rightarrow Cumple$$

Evaluando el tiempo de despeje de falla en función de la falla del transformador se encuentra que el tiempo de despeje de la falla para el fusible Dual es de 15ms mientras que para el fusible de arranque reaccionaria en un tiempo mayor a lo 150ms.

También se puede demostrar que las curvas de protección se encuentran por debajo a las curvas de los conductores por lo que demuestra su efectividad.

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

Para que los conductores entren hasta la caja del medidor, se deberá instalar antes una tubería para exterior que consta de tubería metálica, grapa y capacete. En la siguiente figura muestra el diámetro de la tubería que se requiere instalar para llevar la acometida hasta la celda de medida.



gedisa

Diseñado por Ing. Gregor Rojas

PROGRAMA CÁLCULO DE OCUPACION EN TUBERIAS

BASADO EN EL CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL

VERSIÓN 1-2015

Ocupación de conductores en tuberías

DATOS REQUERIDOS DE LOS CONDUCTORES

Nº	Calibre	Aislante	Cantidad	Diámetro mm	Área por cable mm²	Total Grupo mm²	Observaciones
1	8	THW 600 V	2	5,99	28,18	56,36	conductores de fases
2	8	THW 600 V	1	5,99	28,18	28,18	conductores de neutro
3	8	TW 600 V	1	5,99	28,18	28,18	conductor de puesta a tierra
4	12	MONOPOLAR 75 (PVC-PVC) 60					
5	12	TW 600 V					

Área total requerida por los conductores 112,72 mm²

DATOS REQUERIDOS DE LAS TUBERIAS

Tipo de Tubería o Canalización: Tubo Metálico Intermedio IMC sección 342

Diámetro de la Tubería: 3/4 Pulgadas

Diámetro interno según tabla 4 del CEN 21,90 mm

Área Total 376,69 mm²

Diámetro mínimo recomendado 3/4 "

Máxima ocupación permitida 40,00% Ocupación 29,92%

Figura 14. Selección de la canalización para la canalización.

Con lo mostrado en la figura 14 se determina que se requiere de un ducto mínimo de 3/4" pulgadas para llevar la acometida desde los bornes secundarios hasta la caja del medidor.

xvi. Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.

a. Pérdida joule en la frecuencia fundamental.

La pérdida de energía (joule) en un conductor es calculada a partir de su resistencia eléctrica, de la corriente del proyecto máxima prevista para el circuito y del tiempo que esa circula por el conductor. Eso puede ser expresado por:

$$E = RI_{max}^2 \Delta t$$

Donde:

E= Energía disipada en el conductor, [Wh].

R=Resistencia eléctrica del conductor, [Ω].

I_{max}= Corriente de proyecto máxima prevista para el circuito, [A].

Δt= Intervalo de tiempo de circulación de la corriente I_{max},[h].

Recordando que:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Donde:

P= resistividad eléctrica del material conductor [Ω-m].

l= Longitud del circuito [m].

S=Sección transversal del conductor [mm^2].

De acuerdo con la norma NCh 2625.Of2001, las resistividades a 90°C del aluminio es respectivamente 18.35x10^{-9}Ω-m. Estos valores no son los valores reales de estos materiales, pero si valores de compromiso escogidos para que las resistencias de los conductores puedan ser calculadas directamente de la sección nominal del conductor, en lugar de usar las áreas reales efectivas de la sección transversal

Considerando un conductor de cobre de sección “S” con una longitud “l” y recorridos por la misma corriente durante el mismo tiempo, se tiene:

$$E_{Cu} = 18.35x10^{-9} \frac{l}{S} I_{max}^2 \cdot \Delta t$$

b. Pérdida joule en presencia de corriente armónica.

Las corrientes armónicas pueden ser importantes fuentes de perdidas joule en las instalaciones eléctricas, impactando así los costos operativos de las instalaciones.

Se debe calcular el valor de la resistencia eléctrica en cada frecuencia (Rh) presente en el espectro armónico. En seguida, se calcula la pérdida joule para cada resistencia a partir de

la ecuación $E_{(h)}R_h I_h^2.\Delta t$, donde I_h es la corriente armónica de orden h. En los circuitos donde existe la presencia del conductor neutro se debe calcular también la pérdida en ese conductor, una vez que el valor de la corriente armónica no neutra puede ser significativo.

R_h, que es el valor de la resistencia del cable en una frecuencia dada, difiere del valor de la resistencia en corriente continua normalmente presentada en los catálogos proporcionados por los fabricantes. Eso se debe principalmente al fenómeno conocido como efecto superficial: la corriente alterna de mayor frecuencia tiende a circular predominantemente por la superficie exterior del conductor, causando así una disminución en la sección efectiva del conductor y, consecuentemente, un aumento en la resistencia eléctrica aparente del cable.

En el gráfico 15 muestra una forma de obtener el valor de la resistencia en corriente alterna en función de la frecuencia a partir del valor de la resistencia en corriente continua y la tabla 30 muestra los valores de la resistencia en corriente continua.

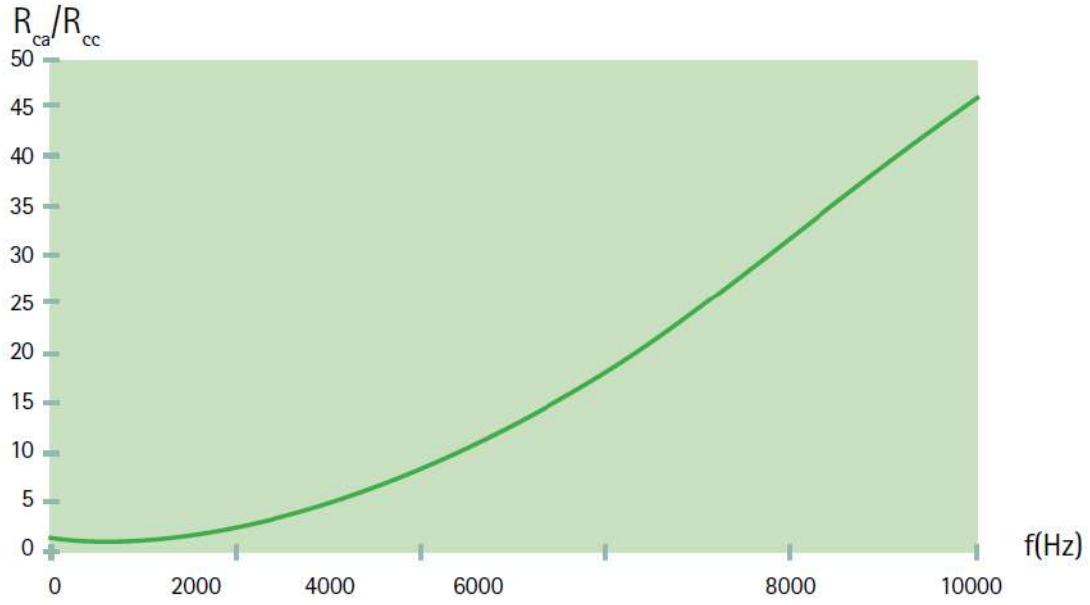


Figura 15. Relación entre resistencia en corriente alterna y resistencia en corriente continua en función de la frecuencia.

Tabla 1: Resistencia en corriente continua *(resistividad de acuerdo con NCh 2625.Of2001)*

Sección nominal (mm²)	Resistencia máxima del conductor a 20°C (Ω/km)
1.5	12.2
2.5	7.3
4	4.59
6	3.06
10	1.84
16	1,15
25	0.734
35	0.524
50	0.367
70	0.262
95	0.193
120	0.153
150	0.122
185	0.0992
240	0.0765
300	0.0612
400	0.0459

Tabla 30. Resistencia en corriente continua.

FUENTE: International copper Association Latin America.

Relacionando los armónicos obtenidos en la tabla 18 se realizará el análisis hasta el 7mo armónico y por consiguiente se comienza determinando la resistencia del conductor en corriente alterna tal y como se muestra a continuación:

$$R_{AC} = 18{,}35x10^{-9} \cdot \frac{10}{8{,}367} \quad \rightarrow \quad R_{AC} = 2{,}19x10^{-8}$$

Ahora si se relaciona con la resistencia en corriente continua obtenido de la tabla 22 se determina que a bajas frecuencias (menor al 33vo armónico) los valores son muy próximos a cero.

$$\frac{R_{AC}}{R_{cc}} = 7{,}17x10^{-9}$$

Por lo que $R_{AC} \approx R_h$.

Ahora la corriente máxima para el 7mo armónico se toma la tasa de distorsión armónica y este se multiplica por la capacidad máxima del conductor y se obtiene las respectivas corrientes para cada una de las acometidas:

$$I_{armónicos} = 0{,}235 * 40A \quad \rightarrow \quad I_{armónicos} = 9{,}4A$$

Por lo que las pérdidas por los armónicos por conductor por día (24 horas) trabajando a su máxima capacidad es igual a:

$$E_h = 7{,}7x10^{-9} \cdot 9{,}4^2 \cdot 24 \quad \rightarrow \quad E_h = 1{,}52x10^{-5}J$$

Si a esto se le suma con las pérdidas de energía a una frecuencia fundamental que es igual a:

$$E_{Cu} = 2{,}19x10^{-8} \cdot 40^2 \cdot 24 \quad \rightarrow \quad E_{Cu} = 8{,}42x10^{-4}J$$

Sumando ambos resultados se tiene que:

$$E_T = E_h + E_{Cu} \quad \rightarrow \quad E_T = 0{,}000857J$$

Por lo tanto, se tiene que las pérdidas por conductor se encuentran alrededor del orden del 1x10^{-3} Joule y como la selección del neutro es igual al del conductor por fase entonces se demuestra que es correcto la selección del retorno.

xvii. Cálculo de regulación.

Regulación en Media Tensión (M.T):

De acuerdo a lo expresado anteriormente en este proyecto se selecciona el conductor ACSR No 2 (según lo mostrado en la tabla de constantes de regulación de cables MT Y BT CODENSA), el cual la constante de regulación es ***K=6,22x10^{-7}***.

*Reg.= (0,000000622*5*2850) %*

Reg.=0,00886%

Por lo tanto, se observa que los resultados de regulación en media tensión están dentro de los límites admisibles dados por la norma para el diseño de sistemas de distribución.

Regulación en Baja Tensión (B.T):

Para el conductor de B.T se selecciona la acometida aérea antifraude (según lo mostrado en la tabla de constantes de regulación de cables MT Y BT CODENSA), el cual la constante de regulación es ***K=0,000709272*** para el conductor calibre 8 AWG.

*Reg.= (0,000709272*5*10) %*

Reg.=0,13%

Se observa que los resultados de regulación en baja tensión están dentro de los límites admisibles dados por la norma para el diseño de sistemas de distribución

xviii. Clasificación de áreas.

Este proyecto no se ubica en áreas donde hay presencia de gases, polvos, vapores líquidos inflamables que pueda causar una explosión.

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

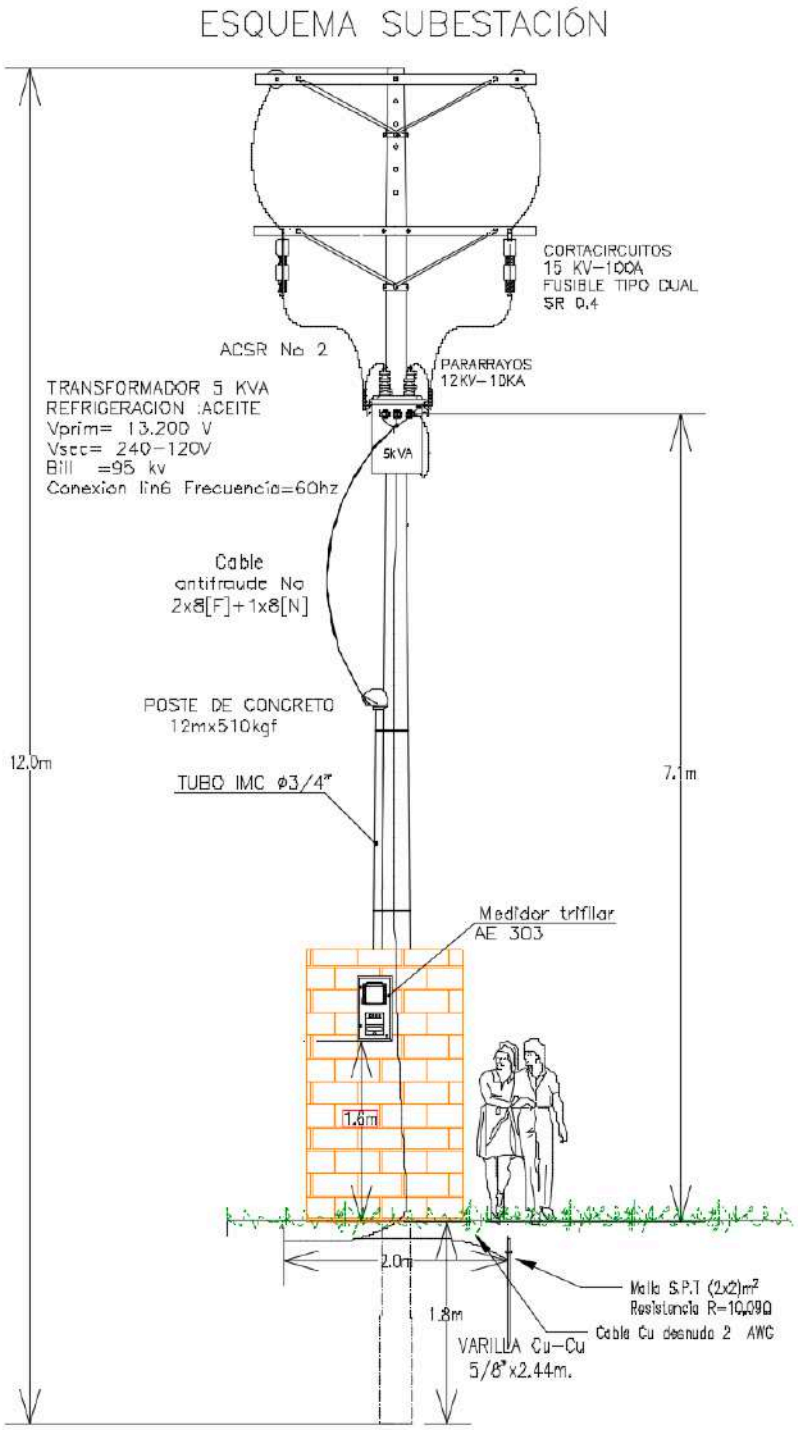


Figura 16. Esquema conexión y montaje subestación mas acometida.

xx. Distancias de seguridad requerida.

Para realizar un análisis de las distancias de seguridad para toda línea aérea abierta o semi-aislada en media tensión, requiere realizar una evaluación del entorno.

Adicional a este caso se deberá tener en cuenta la proximidad de la red de media tensión existente. Por lo que se tendrá en cuenta las distancias de seguridad para construcciones tal y como lo muestra en el siguiente gráfico:

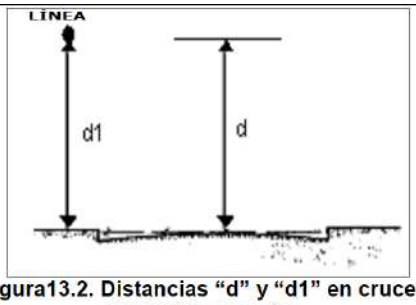


Figura13.2. Distancias "d" y "d1" en cruce y recorridos de vías

Figura 17. Distancias de seguridad entre una construcción y la línea eléctrica.

FUENTE: RETIE V.2013.

Descripción	Tensión nominal entre fases (kV)	Distancia (m)
Distancia mínima al suelo "**d**" en **cruces** con carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular (Figura 13.2).	500	11,5
	230/220	8,5
	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	5,0
Cruce de líneas aéreas de baja tensión en grandes avenidas.	<1	5,6
Distancia mínima al suelo "**d1**" desde líneas que **recorren** avenidas, carreteras y calles (Figura 13.2).	500	11,5
	230/220	8,0
	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	5,0
Distancia mínima al suelo "**d**" en zonas de bosques de arbustos, áreas cultivadas, pastos, huertos, etc. Siempre que se tenga el control de la altura máxima que pueden alcanzar las copas de los arbustos o huertos, localizados en la zonas de servidumbre (Figura 13.2).	500	8,6
	230/220	6,8
	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	5,0
En áreas de bosques y huertos donde se dificulta el control absoluto del crecimiento de estas plantas y sus copas puedan ocasionar acercamientos peligrosos, se requiera el uso de maquinaria agrícola de gran altura o en cruces de ferrocarriles sin electrificar, se debe aplicar como distancia "e" estos valores (Figura 13.3)[9]	500	11,1
	230/220	9,3
	115/110	8,6
	66/57,5	8,3
	44/34,5/33	8,1
	13,8/13,2/11,4/7,6	8,1
	<1	7,5
Distancia mínima vertical en el cruce "**f**" a los conductores alimentadores de ferrocarriles electrificados, teleféricos, tranvías y trole-buses (Figura 13.4)	500	4,8
	230/220	3,0
	115/110	2,3
	66/57,5	2,0
	44/34,5/33	1,8
	13,8/13,2/11,4/7,6	1,8
	<1	1,2

Figura 18. Distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones.

FUENTE: RETIE V.2013.

xxi. Justificación técnica de desviación de la NTC2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.

Este proyecto no requiere desviarse de la norma NTC-2050.

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

No requiere de otros estudios adicionales.

xxiii. Diseño de medida según CREG 038/2014.

De acuerdo a la capacidad solicitada para este proyecto. El equipo de medida requerido para este proyecto es directo, por lo tanto, la selección del equipo de medida va de acuerdo a lo mostrado en la siguiente tabla:

Tabla 1. Clasificación de puntos de medición

Tipo de puntos de medición	Consumo o transferencia de energía, C, [MWh-mes]	Capacidad Instalada, CI, [MVA]
1	C ≥ 15.000	CI ≥ 30
2	15.000 > C ≥ 500	30 > CI ≥ 1
3	500 > C ≥ 50	1 > CI ≥ 0,1
4	50 > C ≥ 5	0,1 > CI ≥ 0,01
5	C < 5	CI < 0,01

Tabla 33. Clasificación de puntos de medición según CREG 038/2014.

La capacidad instalada de la instalación proyecta es de 5kW:

5kVA= 0,005 MVA y por mes seria 0,15MW-mes**,** por lo tanto el tipo de punto de medición es **5**

Cumplimiento de los requisitos generales para los sistemas de medición definidos en el artículo 8 de la presente resolución.

- Los sistemas de medición deben ser diseñados y especificados teniendo en cuenta las características técnicas y ambientales de los puntos de conexión y el tipo de frontera comercial en donde se encuentren.

CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES	
a. Altura sobre el nivel del mar	2 640 m
b. Ambiente	Tropical
c. Humedad	Mayor al 90 %
d. Temperatura máxima y mínima	45 °C y - 5 °C respectivamente.
e. Temperatura promedio	14 °C.
f. Instalación	Empotrada

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	
8 Tensión Nominal del sistema	120/208 V
9 Tensión máxima	600 V
10 Disposición del sistema	Trifásico tetrafilar (3 Fases + Neutro) Bifásico trifilar (2 Fases + Neutro) Monofásico bifilar (1 Fase + Neutro)
a. Frecuencia del sistema	60 Hz

Tabla 34. Características de la medida.

→ La frontera comercial a la que corresponde al medidor de energía es:

Frontera comercial sin reporte al ASIC: Corresponde al punto de medición del consumo de un usuario final, que no se utiliza para determinar las transacciones comerciales entre los diferentes agentes que actúan en el MEM. La información de este consumo no requiere ser reportado al ASIC.

- Instalación del sistema de medición de acuerdo con lo establecido en el artículo 21 y el Anexo 4 de la presente resolución.

- La instalación de los elementos que conforman el sistema de medición debe cumplir con las condiciones establecidas en las normas y reglamentos técnicos aplicables y, con las disposiciones que a continuación se establecen:

- Todos los elementos del sistema de medición deben ser instalados por personal calificado de acuerdo con lo establecido en los reglamentos técnicos y en el tiempo establecido por la Ley y la regulación.

- La instalación debe cumplir con lo señalado en el manual de operación y en las normas técnicas expedidas por el O.R de acuerdo con lo señalado en los

numerales 4.2 y 5.5.1 del Anexo General de la Resolución CREG 070 de 1998 o aquella que la modifique, adicione o sustituya.

- El equipo de medida debe instalarse en la ruta más directa, con el mínimo posible de conexiones y cables considerando las características técnicas del punto de conexión.

- El equipo de medida debe instalarse en una caja de seguridad u otro dispositivo similar que asegure que queden protegidos contra condiciones climáticas, ambientales, o manipulaciones y daños físicos que afecten el correcto funcionamiento del medidor. Adicionalmente, los cables de conexión deben marcarse y protegerse contra daños físicos.

- El sistema de medición debe ser verificado, antes de su puesta en servicio, de acuerdo con lo señalado en el artículo 23 de la resolución.

- Selección del índice de clase o de la clase de exactitud de los medidores y transformadores de tensión y de corriente de acuerdo con el tipo de punto de medida y lo señalado en el artículo 9 de esta resolución.

Tabla 2. Requisitos de exactitud para medidores y transformadores de medida

Tipo de puntos de medición	Índice de clase para medidores de energía activa	Índice de clase para medidores de energía reactiva	Clase de exactitud para transformadores de corriente	Clase de exactitud para transformadores de tensión
1	0,2 S	2	0,2 S	0,2
2 y 3	0,5 S	2	0,5 S	0,5
4	1	2	0,5	0,5
5	1 ó 2	2 ó 3	--	--

Tabla 35. Requisitos de exactitud para medidores según CREG 038/2014.

Teniendo en cuenta que el punto de medición es 5:

Índice de clase para medidor de energía activa: 1 .

La clase de exactitud para el medidor es 0,5.

- Selección del calibre de los cables y cálculo del error porcentual total máximo introducido por estos de acuerdo con lo establecido en el artículo 9 de esta resolución.

- El calibre de cables de conexión será determinado por especificación del equipo de medida, el cual debe ser determinado para evitar errores en medición.

- Certificación de conformidad de producto, para los elementos del sistema de medición que lo requieren, de acuerdo con lo señalado en el artículo 10 de esta resolución.

- Certificación de conformidad de acuerdo al artículo 10 de la resolución que aplica al Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, el cual debe ser parte de los exigidos para la instalación eléctrica de este proyecto eléctrico.

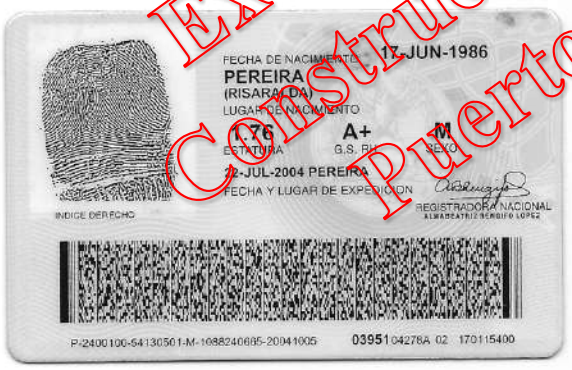
- El medidor de energía deben someterse a calibración antes de su puesta en servicio.

- La calibración debe realizarse en laboratorios acreditados por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia, ONAC, con base en los requisitos contenidos en la norma NTC-ISO-IEC 17025 o la norma internacional equivalente o aquella que la modifique, adicione o sustituya. Los protocolo de pruebas deben entregarse en el proceso de certificación RETIE.

II. MATRICULA PROFESIONAL DISEÑADOR







Exclusivo Diseño
Construcción Yuego
Puerto López

III. FACTIBILIDAD DE SERVICIO Y AUTORIZACIONES.

GD-PE-20234100271171

CÓDIGO SIEC: 9645

Villavicencio, 25-08-2023

Información Solicitante

1. Nombre solicitante	Jorge Andrés Zambrano Correa		
2. Correo Electrónico	jorgez86@hotmail.com		
3. Teléfono	3217373082	4. Municipio	Pereira

I. Información General

1. Nombre del Proyecto	CONSTRUCCIÓN ELECTRIFICACIÓN PREDIOS RURALES VEREDA YUCAO SECTOR TRIÁNGULO DEL PUMA CONEXIÓN B
2. No de solicitud de servicio	022
3. No de factibilidad del Servicio	20237410193902
4. Fecha de respuesta de factibilidad de servicio	8/25/2023
5. Vigencia de la factibilidad en meses	12
6. Fecha de vigencia de la factibilidad	8/25/2024

7. Tipo de solicitud		
	Nueva	-
	Modificación de la existente	X
	Revalidación de la existente	-

II. Conexión Aprobada

1. Carga aprobada [kVA]	5
2. Carga existente antes de la aprobada [kVA]	-

3. Nivel de tensión Aprobado de la conexión		
	Nivel 1. Tensión menor a 1 kV	-
	Nivel 2. Tensión mayor o igual a 1 kV y menor a 30 kV	X
	Nivel 3. Tensión mayor o igual a 30 kV y menor a 57.5 kV	-

4. Tipo de Proyecto		
	Redes de Baja Tensión aéreas	X
	Redes de Baja Tensión subterráneas	-
	Redes de Media Tensión aéreas	X
	Redes de Media Tensión subterráneas.	-
	Transformador en poste	X
	Subestaciones	-
	Alumbrado Público	-

5. Punto de Conexión

Nombre de Circuito BT	NA	No Circuito	NA
Nombre de Circuito MT	Remolino	No Circuito	PL0202
Subestación de Potencia	Casetabla		
Transformador de Distribución	NA		

Distancia desde punto de conexión a la subestación de potencia: 31.25 [km]

Número de Nodo del poste o apoyo donde se conectará: MP110541

Potencia activa [kW]	4.50	Potencia reactiva [kVAr]	2.18
Tensión inicial [kV]	12.27	Tensión final [kV]	12.25
Regulación inicial [%]	7.03	Regulación final [%]	7.18
Nivel de cortocircuito trifásico [KA]	0.12	Nivel de cortocircuito monofásico [KA]	0.08

Ubicación georreferenciada WGS 84 * Long. -72.565 Lat. 4.109 h 178 [m]

6. Tipo y clase de carga aprobada

Tipo de Carga	Monofásicas	Bifásicas	Trifásicas
Residenciales	5		
Comerciales			
Industriales			
Oficiales			
Otro			
Provisional Obra			
Total por clase de carga	**5**		
Total general			5

III. Cronograma de entrada de cargas aprobado

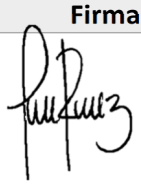
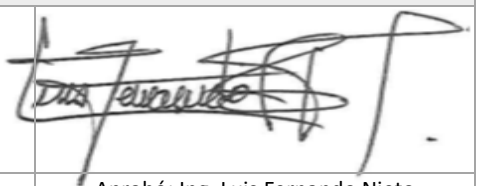
Se presupone fecha de puesta en operación para el día 07 de agosto de 2024.

IV. Documentos técnicos requeridos según tipo de conexión

1. Planos de diseño y construcción desde el punto de conexión hasta la frontera comercial que incluyan, cortes, plantas, arquitectura, distancias de seguridad y que cumplan con las normas de construcción del Operador de Red, normas colombianas e internacionales si se requiere.	X
2. Diseño de las subestaciones con sus respectivas protecciones, configuración de la conexión y cálculos de malla de puesta tierra.	X
3. Cálculo del dimensionamiento y regulación de tensión de los conductores de acuerdo con la carga solicitada.	X
4. Cálculo de la ocupación de ductos en caso de redes subterráneas.	X
5. Cálculo de la curabilidad de los transformadores de acuerdo con el cuadro de carga.	X
6. Estudios de coordinación de protecciones si se requiere.	X
7. Estudio de calidad de potencia. La conexión de un nuevo cliente no debe generar sobretensiones, interrupciones de segundos, variaciones de frecuencia, distorsiones de armónicos y factor de potencia que afecten a otros clientes.	X
8. Estudios de campos electromagnéticos cuando aplique, de acuerdo con normas ambientales o cuando aplique de acuerdo con el RETIE.	X
9. Estudios mecánicos de estructuras para subestaciones MT/MT o cuando sea necesario.	X
10. Dimensionamiento de equipos de medida, tales como transformadores de potencial y de corriente.	X
11. Diseño de armarios para el montaje y conexiones de medidores.	X
12. Diseño del sistema de medida indirecta, si la hay.	X

V. Observaciones Operador de Red

Para el proyecto CONSTRUCCIÓN ELECTRIFICACIÓN PREDIOS RURALES VEREDA YUCAO SECTOR TRIÁNGULO DEL PUMA CONEXIÓN B, a desarrollarse en el predio identificado con cédula catastral 50573000200000012020600000000 y matrícula inmobiliaria 234-15609, ubicado en la Vereda Yucao - Triángulo del Puma del municipio de Puerto López, y con un total de 1 usuario(s); se aprueba construcción de **RED DE MEDIA TENSIÓN TIPO AÉREA ABIERTA-AÉREA SEMIAISLADA, RED DE BAJA TENSIÓN AÉREA TRENZADA Y SUBESTACIÓN TIPO POSTE. AL MOMENTO DE SOLICITAR REVISIÓN DEL PROYECTO ELÉCTRICO DEBERÁ ADJUNTAR A ESTE LA CORRESPONDIENTE LICENCIA URBANÍSTICA. LA RED DE MEDIA TENSIÓN A CONSTRUIR, EL PROYECTO SE DEBERÁ CONSTRUIR EN RED EN DISPOSICIÓN VERTICAL CON TIPO DE AISLAMIENTO LINE POST Y LÍNEA DE GUARDA, DONDE CADA 1 KM DEBERÁ HABER 1 DPS DEBIDAMENTE ATERRIZADO.**

Firman		
		
Elaboró: Ing. Sebastian Mauricio Fierro	Revisó: Ing. Luis Eduardo Ruiz	Aprobó: Ing. Luis Fernando Nieto
Analista II Planeamiento Eléctrico	Líder I Planeamiento Eléctrico (E)	Gerente de Distribución (E)

IV. ANEXOS.

Villavicencio, 5 de julio de 2023

Señores
ELECTRIFICADORA DEL META S.A E.S.P
Departamento de Distribución
Villavicencio

REF: PROYECTO "CONSTRUCCION ELECTRIFICACION PREDIOS RURALES VEREDA MATAZUL - YUCAO SECTOR TRIANGULO DEL PUMA DEL MUNICIPIO DE PUERTO LOPEZ - META". CONEXIÓN B

Yo, JAIME ARMANDO RIVEROS, con cédula de ciudadanía No. 17.333.058, en mi calidad de Presidente de la Junta de Acción Comunal de la Vereda Matazul con personería jurídica No. 316 de 2006-10-13, ubicada en el municipio de Puerto López, por medio de la presente me permito autorizar al Ingeniero JORGE ANDRES ZAMBRANO CORREA, con Cédula de ciudadanía No. 1.088.240.665 de Pereira y Matrícula Profesional QN205-72854 para realizar los trámites correspondientes al servicio de energía eléctrica del proyecto de la referencia.

Agradezco la atención prestada y su siempre oportuna colaboración.

Atentamente,

JAIME ARMANDO RIVEROS AHUMADA
C.C. 17.333.058
Presidente J.A.C. Vereda Matazul.
Personería Jurídica No. 316 de 2006-10-13



INDICE DERECHO

FECHA DE NACIMIENTO 26-DIC-1960

BOGOTA D.C.
(CUNDINAMARCA)
LUGAR DE NACIMIENTO

1.77 ESTATURA | O+ G.S. RH | M SEXO

05-JUL-1979 BOGOTA D.C.
FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION

REGISTRADOR NACIONAL
CARLOS ARIEL SÁNCHEZ TORRES

A-1500100-00011363-M-0079152271-20080605 0000390442A 1 1670016308

REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA

NUMERO 79.152.271
NASSAR MONTOYA
APELLIDOS
FERNANDO
NOMBRES



FIRMA

OFICINA DE REGISTRO DE INSTRUMENTOS PUBLICOS DE PUERTO LOPEZ
CERTIFICADO DE TRADICION
MATRICULA INMOBILIARIA

Certificado generado con el Pin No: 230303171173204089 **Nro Matrícula: 234-15609**

Pagina 1 TURNO: 2023-234-1-3640

Impreso el 3 de Septiembre de 2023 a las 03:52:01 PM

"ESTE CERTIFICADO REFLEJA LA SITUACION JURIDICA DEL INMUEBLE HASTA LA FECHA Y HORA DE SU EXPEDICION"

No tiene validez sin la firma del registrador en la ultima página

CIRCULO REGISTRAL: 234 - PUERTO LOPEZ DEPTO: META MUNICIPIO: PUERTO LOPEZ VEREDA: PUERTO LOPEZ
FECHA APERTURA: 09-07-2007 RADICACIÓN: 2007-1231 CON: ESCRITURA DE: 28-02-2007
CODIGO CATASTRAL: **505730002000000120206000000000**COD CATASTRAL ANT: SIN INFORMACION
NUPRE:
ESTADO DEL FOLIO: **ACTIVO**

= =

DESCRIPCION: CABIDA Y LINDEROS
PREDIO RURAL CON CABIDA DE: DOSCIENTAS SESENTA HECTARIAS,LINDEROS INDICADOS EN LA ESCRITURA 0659 DE FECHA FEBRERO 02 DE 2007, NOTARIA UNICA DE PUERTO LOPEZ .-DECRETO 1711 DE JULIO 6 DE 1984.- VEREDA: MATAZUL.

SUPERINTENDENCIA DE NOTARIADO & REGISTRO La guarda de la fe pública

AREA Y COEFICIENTE
AREA - HECTAREAS: METROS CUADRADOS: CENTIMETROS CUADRADOS:
AREA PRIVADA - METROS CUADRADOS: CENTIMETROS CUADRADOS: / AREA CONSTRUIDA - METROS CUADRADOS: CENTIMETROS: CUADRADOS
COEFICIENTE : %

COMPLEMENTACION:
DE LA TRADICION: EDUARDO SUAREZ LOPEZ, ADQUIRIO EN MAYOR EXTENSION EL PREDIO OBJETO DE ESTA DIVISION MATERIAL POR ADJUDICACION EN LA SUCESION DE ZOILA ROSA LOPEZ DE SUAREZ, SEGUN JUICIO DE SUCESION DE FECHA MARZO 31 DE 1986, TRAMITADO EN EL JUZGADO PRIMERO CIVIL DEL CIRCUITO DE BOGOTA, REGISTRADA EN DICIEMBRE 26 DE 1986, EN EL FOLIO CON MATRICULA INMOBILIARIA 234-0002.941.- ANTONIO MARIA SUAREZ RIVADENEIRA ADQUIRIO POR ADJUDICACION DE BALDIOS QUE LE HIZO EL INSTITUTO COLOMBIANO DE LA REFORMA AGRARIA-INCORA-VILLAVICENCIO, SEGUN RESOLUCION 00233 DE LA FECHA FEBRERO 28 DE 1983, REGISTRADA EN OCTUBRE 17 DE 1983, EN EL FOLIO CON MATRICULA INMOBILIARIA 234-0002.941.

DIRECCION DEL INMUEBLE
Tipo Predio: RURAL
1) LOTE 2 COROZALITO

DETERMINACION DEL INMUEBLE:
DESTINACION ECONOMICA:

MATRICULA ABIERTA CON BASE EN LA(s) SIGUIENTE(s) (En caso de integración y otros)
234 - 2941

ANOTACION: Nro 001 Fecha: 03-07-2007 Radicación: 1231
Doc: ESCRITURA 0659 DEL 28-02-2007 NOTARIA TREINTA Y SEIS DE BOGOTA VALOR ACTO: $
ESPECIFICACION: OTRO: 0918 DIVISION MATERIAL
PERSONAS QUE INTERVIENEN EN EL ACTO (X-Titular de derecho real de dominio,I-Titular de dominio incompleto)
A: SUAREZ LOPEZ EDUARDO **CC# 148165** **X**

ANOTACION: Nro 002 Fecha: 03-07-2007 Radicación: 1231
Doc: ESCRITURA 0659 DEL 28-02-2007 NOTARIA TREINTA Y SEIS DE BOGOTA VALOR ACTO: $35,000,000
ESPECIFICACION: MODO DE ADQUISICION: 0125 COMPRAVENTA MODO DE ADQUISICION

La validez de este documento podrá verificarse en la página certificados.supernotariado.gov.co

OFICINA DE REGISTRO DE INSTRUMENTOS PUBLICOS DE PUERTO LOPEZ

CERTIFICADO DE TRADICION

MATRICULA INMOBILIARIA

Certificado generado con el Pin No: 230303171173204089 **Nro Matrícula: 234-15609**

Impreso el 3 de Septiembre de 2023 a las 03:52:01 PM

"ESTE CERTIFICADO REFLEJA LA SITUACION JURIDICA DEL INMUEBLE HASTA LA FECHA Y HORA DE SU EXPEDICION"

No tiene validez sin la firma del registrador en la ultima página

PERSONAS QUE INTERVIENEN EN EL ACTO (X-Titular de derecho real de dominio,I-Titular de dominio incompleto)

DE: SUAREZ LOPEZ EDUARDO CC# 148165

A: NASSAR MONTOYA FERNANDO **CC# 79152271 X**

SUPERINTENDENCIA DE NOTARIADO Y REGISTRO LA GUARDA DE LA FE PUBLICA OFICINA DE REGISTRO DE INSTRUMENTOS PUBLICOS DE PUERTO LOPEZ ORIP

ANOTACION: Nro 003 Fecha: 11-05-2016 Radicación: 2016-234-6-1420

Doc: OFICIO 00142C DEL 14-03-2016 JUZGADO PRIMERO PROMISCUO DEL CIRCUITO DE PUERTO LOPEZ

VALOR ACTO: $0

ESPECIFICACION: MEDIDA CAUTELAR: 0414 DEMANDA EN PROCESO DE SERVIDUMBRES RAD.505733189001-2015-00257-00

PERSONAS QUE INTERVIENEN EN EL ACTO (X-Titular de derecho real de dominio,I-Titular de dominio incompleto)

DE: ELECTRIFICADORA DEL META S.A. E.S.P. "EMSA E.S.P." **NIT# 8920022106**

A: NASSAR MONTOYA FERNANDO **CC# 79152271**

SUPERINTENDENCIA DE NOTARIADO Y REGISTRO LA GUARDA DE LA FE PUBLICA OFICINA DE REGISTRO DE INSTRUMENTOS PUBLICOS DE PUERTO LOPEZ ORIP

ANOTACION: Nro 004 Fecha: 27-06-2019 Radicación: 2019-234-6-1181

Doc: OFICIO 568-C DEL 22-05-2019 JUZGADO PRIMERO PROMISCUO DEL CIRCUITO DE PUERTO LOPEZ

VALOR ACTO: $0

Se cancela anotación No: 3

ESPECIFICACION: CANCELACION: 0841 CANCELACION PROVIDENCIA JUDICIAL OFICIO 00142C DEL 14/3/2016 JUZGADO PRIMERO PROMISCUO DEL CIRCUITO DE PUERTO LOPEZ DEMANDA EN PROCESO DE SERVIDUMBRES RAD.505733189001-2015-00257-00

PERSONAS QUE INTERVIENEN EN EL ACTO (X-Titular de derecho real de dominio,I-Titular de dominio incompleto)

DE: ELECTRIFICADORA DEL META S.A. E.S.P. "EMSA E.S.P." **NIT# 8920022106**

A: NASSAR MONTOYA FERNANDO **CC# 79152271**

SUPERINTENDENCIA DE NOTARIADO Y REGISTRO LA GUARDA DE LA FE PUBLICA OFICINA DE REGISTRO DE INSTRUMENTOS PUBLICOS DE PUERTO LOPEZ ORIP

ANOTACION: Nro 005 Fecha: 27-06-2019 Radicación: 2019-234-6-1182

Doc: SENTENCIA S/N DEL 26-09-2017 JUZGADO PRIMERO PROMISCUO DEL CIRCUITO DE PUERTO LOPEZ

VALOR ACTO: $38,078,661

ESPECIFICACION: LIMITACION AL DOMINIO: 0339 SERVIDUMBRE DE ENERGIA ELECTRICA CONDUCCIÓN ÁREA DE (44.384,32M2)

PERSONAS QUE INTERVIENEN EN EL ACTO (X-Titular de derecho real de dominio,I-Titular de dominio incompleto)

DE: NASSAR MONTOYA FERNANDO CC# 79152271

A: ELECTRIFICADORA DEL META S.A. E.S.P. "EMSA E.S.P." **NIT# 8920022106**

SUPERINTENDENCIA DE NOTARIADO Y REGISTRO LA GUARDA DE LA FE PUBLICA OFICINA DE REGISTRO DE INSTRUMENTOS PUBLICOS DE PUERTO LOPEZ ORIP

NRO TOTAL DE ANOTACIONES: *5*

SUPERINTENDENCIA DE NOTARIADO Y REGISTRO LA GUARDA DE LA FE PUBLICA OFICINA DE REGISTRO DE INSTRUMENTOS PUBLICOS DE PUERTO LOPEZ ORIP

SUPERINTENDENCIA DE NOTARIADO Y REGISTRO LA GUARDA DE LA FE PUBLICA OFICINA DE REGISTRO DE INSTRUMENTOS PUBLICOS DE PUERTO LOPEZ ORIP

SALVEDADES: (Información Anterior o Corregida)

Anotación Nro: 0 Nro corrección: 1 Radicación: ICARE-2015 Fecha: 21-12-2015

SE INCLUYE NUEVO NUMERO PREDIAL DE 30 DIGITOS SUMINISTRADOS POR EL I.G.A.C. (SNC), RES No. 8589 DE 27-11-2008 PROFERIDA POR LA S.N.R (CONVENIO IGAC-SNR DE 23-09-2008)

SUPERINTENDENCIA DE NOTARIADO Y REGISTRO LA GUARDA DE LA FE PUBLICA OFICINA DE REGISTRO DE INSTRUMENTOS PUBLICOS DE PUERTO LOPEZ ORIP

* * *

La validez de este documento podrá verificarse en la página certificados.supernotariado.gov.co

= =

FIN DE ESTE DOCUMENTO

El interesado debe comunicar al registrador cualquier falla o error en el registro de los documentos

USUARIO: Realtech

TURNO: 2023-234-1-3640 **FECHA: 03-09-2023**

EXPEDIDO EN: BOGOTA

El Registrador: DIRNEY YOLIMA VELASQUEZ ALVAREZ

COROZALITO



COORDENADA
NORTE: 946676.744
ESTE: 837249.426

LATITUD NORTE: 4°6´45,5”
LONGITUD ESTE: 72°32´35,2”

PROPIETARIO: FERNANDO NASSAR MONTOYA

emsa E.S.P	**CÓDIGO:**	**FO-GD-IN-01**
	VERSION:	**04**
	FECHA:	**24/11/2022**
	Página 1 de 1	
APROBACIÓN O NEGACIÓN PROYECTOS DE TERCEROS	**INGENIERIA**	

GD-I- 20234200250761

Villavicencio, 03-08-2023

Fecha de revisión	03/08/2023

Radicado de solicitud	2023-741-016440-2						
Fecha de radicación	17/07/2023						
Nombre del proyecto	**CONSTRUCCIÓN ELECTRIFICACIÓN PREDIOS RURALES VEREDA YUCAO SECTOR TRIÁNGULO DEL PUMA CONEXIÓN B – SIEC 9645**						
Ingeniero diseñador	JORGE ANDRÉS ZAMBRANO CORREA						
	jorgez86@hotmail.com				Teléfono: 3217373082		
Ubicación proyecto	Puerto López				Vereda Yucao- Triángulo del Puma		
Factibilidad	2023-410-008088-1				27/03/2023		
Condiciones aprobadas	**Nivel Tensión**	**Tipo Uso**	**Usuarios**	**Tipo de red MT**	**Tipo de red BT**	**Tipo de S/E**	**Capacidad aprobada**
	13,2 kV	Residencial	5	Aérea Compacta	Aérea Trenzada	Tipo Poste	5 kVA
	Circuito		**Punto de conexión**			**Corriente de corto**	
	PL0202		W: 1168008.00	N:946285.60		0,08	

Documentación exigida	**Requisito solicitado**	**Si**	**No**
	Presentó resumen del proyecto	X	
	Presentó oficio de autorización del dueño del predio	X	
	Presentó CC o NIT del dueño predio	X	
	Presentó certificado de tradición y libertad del predio	X	
	Presentó diseño de medida según CREG 038/2014	X	
	Presentó fotos punto de conexión y panorámica del predio y la red	X	
	Presentó licencia de construcción del proyecto		X
	Presentó documentos ingeniero diseñador (CC y MP)	X	

Tipo de diseño	Detallado	
Descripción del aspecto solicitado según RETIE y EMSA	**Cumple**	
	Si	**No**
Se aprueba el proyecto		**X**

OBSERVACIONES GENERALES

NO SE APRUEBA EL PROYECTO ELÉCTRICO.

- La tipología de la Red de Media Tensión proyectada (Aérea Abierta), no concuerda con la aprobada en la factibilidad técnica No. GD-PE- 2023-410-008088-1 (Aérea Compacta).
- Se deben presentar Fotos del punto de conexión y panorámica del diseño, donde se detallen las redes existentes y proyectadas plasmadas en los planos eléctricos.

Por lo anterior se devuelve la documentación para que se realicen las correcciones pertinentes.

Firman:

Jose Velásquez	Magda Vargas	Luis Fernando
Elaboró: Ing. José Velásquez	Revisó: Ing. Magda Raquel Vargas	Aprobó: Ing. Luis Fernando Nieto
Analista II Ingeniería	Líder I Ingeniería	Gerente de Distribución (E)

Calle 37 A No 45 -53 Barzal alto, PBX 6614000 Fax: 661 40 20
Línea Atención al Cliente 115, desde Celular (608-6610095)
Línea Gratuita Nacional - 018000918615
e-mail: pqr@emsa-esp.com.co
Villavicencio - Meta – Colombia
Nit: 892.002.210-6

ISO 9001:2015
ISO 14001:2015
ISO 45001:2018
BUREAU VERITAS Certification
BUREAU VERITAS 1828