II

RED DE BAJA TENSION, EQUIPO DE MEDIDA , CENTRE DE CARGAS, ACOMETIDAS, TABLERO DE DISTRIBUCION, SALIDAS GENERALES DE ALUMBRADO Y TOMACORRIENTES

PROYECTO: MEJORAMIENTO PARQUE PRINCIPAL DEL MUNICIPIO

LOCALIZACIÓN: CALLES 3 Y 4 CON CARRERAS 5 Y 6
MUNICIPIO DE ARCABUCO-BOYACA

Diseño: OLMER WILCHES GARCÍA
Ingeniero eléctrico UTP

EMPRESA DE ENERGIA DE BOYACA S.A. E.S.P.
República de Colombia
Departamento de Boyacá
febrero de 2025

OLMER WILCHES GARCÍA
C.C. 10.110.010
Ingeniero Eléctrico U.T.P.
M.P. RS-2050547

CONTENIDO

	PÁG.
SÍNTESIS DEL PROYECTO	5
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	6
1.1 LOCALIZACIÓN	6
1.2 OBJETO	6
1.3 NUMERO DE USUARIOS	6
1.4 CARACTERISTICAS DE LA CARGA	6
1.5 CIRCUITO ALIMENTADOR	6
1.6 RED DE MEDIA TENSION.	6
1.7 MEDIDORES DE ENERGÍA	6
1.7.1 Clasificación del punto de medida	6
1.7.2. Exactitud de los equipos de medid	7
1.7.3 Certificado de conformidad	7
1.7.4 Selección del medidor	7
2. ITEMS QUE APLICAN PARA UN DISEÑO DETALLADO DE ACUERDO CON EL TIPO DE PROYECTO TAL COMO LO INDICA EL RETIE	8
2.a. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos	8
2.a.1. cuadros de cargas	8
2.a.2. Análisis de armónicos	9
2.a.3. Análisis de Factor de Potencia	9
2.b. Análisis De Coordinación De Aislamiento Eléctrico	9
2.c. Análisis de cortocircuito y falla a tierra	10
2.d. Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos	10
2.e. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos	14
2.e.1 Electropatología	14
2.e.2. Evaluación del nivel de riesgo	17
2.e.2.1. Matriz de análisis de riesgos	18
2.e.2.2 Criterios para determinar alto riesgo	20
2.e.2.3 Medidas para mitigar el riesgo eléctrico	21
2.f. Análisis del nivel tensión requerido	23
2.g. calculo de campos electromagnéticos para asegurar que en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los limites de exposición definidos en la tabla 14.1 resolución 90708 RETIE	23
2.h. Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga	24
2.h.1. Análisis de armónicos:	24
2.h.2. Análisis de Factor de Potencia:	24
2.i. Cálculo del sistema de puesta a tierra	25
2.i.1 Objetivo	25
2.i.2 Metodología	25
2.i.3 Resultados	27
2.j. calculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de perdidas, las cargas resultantes y el costo de la energía	28

2.j.1 en baja tensión	28
2.k. Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la norma IEC 60909, IEEE 242, capítulo 9 o equivalente	29
2.l. Cálculo mecánico de estructuras y elementos de sujeción de equipos.	29
2.l.1. calculo de vanos	30
2.l.2. plantillado	30
2.l.3. esfuerzos	30
2.l.4. condiciones de carga para estructuras	30
2.l.5. momentos en las estructuras y curvas de utilización	30
2.l.6. templetes y/o retenidas	30
2.l.7. consideraciones sísmicas	30
2.m. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. En baja tensión se permite la coordinación contra las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 anexo A	31
2.n. Cálculo de canalizaciones(tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas tableros, conduletas etc.)	32
2.o. calculo de perdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de los armónicos y el factor de potencia.	32
2.o.1. Las pérdidas por efecto joule	32
2.o.2. Las pérdidas por armónicos	33
2.o.3. Las pérdidas por factor de potencia	33
2.p. calculo de regulación	33
2.q. clasificación de áreas.	33
2.r. elaboración de diagramas unifilares	34
2.s. elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción	34
2.t. especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico, materiales y sus condiciones particulares	34
2.u. establecer las distancias Mínimas de Seguridad requeridas.	35
2.v. justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de las instalaciones.	36
2.w. los demás estudios que el tipo de instalación requieran para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas o térmicas.	36

GLOSARIO	
BIBLIOGRAFÍA	

RELACION DE PLANOS

1/2 Localización con red de B.T., equipo de medida y diagrama unifilar subterranización, resumen de cargas, cajas zanjas y distancias de seguridad.

2/2 planta general con cajas, redes B.T y detalle del cuarto electrico

OLMER WILCHES GARCÍA
C.C. 10.110.010
Ingeniero Eléctrico U.T.P.
M.P. RS-2050547

SÍNTESIS DEL PROYECTO



N: 5° 45 16 ,07”
O: 73° 26 11,79”
h:2571 m.s.n.m.

Nombre del proyecto:	parque principal municipio de arcabuco
Localización	Calles 3y 4 con carreras 5y6
Nombre del propietario:	Administración municipal
Número de usuarios:	Uno (1)
Estrato:	N.A.
Cantidad de pisos a construir:	1
Área construida:	7000 m^2
Capacidad instalada:	Por el tamaño de la carga y de acuerdo con la norma de la EBSA NO es necesario la instalación de transformador
Número de transformadores	
Número de licencia:	
Longitud de la red MT:	N.A.
Longitud de la red BT:	50 eubterraneos
Carga Nominal instalada:	7,220 kVA
Demanda Máxima Diversificada (Dmd)	7,220kVA
Tipo de medida:	Directa
Uso final de la energía:	Oficial o institucional
Acometida	Tenemos una acometida principal en BAJA TENSION con un trayecto subterraneo
Alumbrado público	Por la naturaleza del proyecto se implementa alumbrado en las zonas verdes, vías y senderos; así como en las zonas de recreación requiere estudio de iluminacion
Equipo de Medida:	De acuerdo con lo indicado en la norma ICONTEC 5019 y la Resolución CREG 038-2014 y las normas EBSA Se implementa medida directa trifásica tetrafilar
Tipo de conexión según resolucion creg 075 del 2021	SENCILLA
Tipo de diseño según RETIE 2024	DETALLADO

OLMER WILCHES GARCÍA
C.C. 10.110.010
Ingeniero Eléctrico U.T.P.
M.P. RS-2050547

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1 LOCALIZACIÓN

El proyecto se encuentra localizado en el casco urbano del municipio carreras 5y 6 con calles 3 y 4

1.2 OBJETO

Dimensionar toda la infraestructura para llevar fluido eléctrico al proyecto en referencia respetando toda la normatividad vigente

1.3 NUMERO DE USUARIOS

Una cuenta de uso oficial o institucional

1.4 CARACTERISTICAS DE LA CARGA

Las instalaciones eléctricas fueron diseñadas de acuerdo a las normas de Empresa de Energía de Boyacá S.A. E.S.P, el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE y el código eléctrico nacional NTC 2050, el retilap; en general la carga está conformada por alumbrado, salidas trifásicas y monofásicas especiales y equipos el resto de la instalación son salidas generales de alumbrado y tomacorrientes

1.5 CIRCUITO ALIMENTADOR

De acuerdo con la disponibilidad de servicio de energía el punto de conexión en baja tensión trifásica es desde el transformador existente en el sector

1.6 REDES EN BAJA TENSION.

Es necesario construir un trayecto subterráneo pasando por el equipo de medida hasta el centro de cargas TD

1.7 MEDIDORES DE ENERGIA.

Para la elección del equipo de medida se tienen en cuenta las normas de la EBSA, la resolución CREG 038-2014 , la NTC 5019 y demás norma inherentes.

1.7.1 Clasificación del punto de medida. Estos se clasifican de acuerdo con el consumo o transferencia de energía por la frontera o por la capacidad instalada en el punto de conexión.

Acogiendo lo indicado en la Resolución CREG 038-2014 en la tabla 1 pagina 12 hacemos una clasificación del punto de medición teniendo en cuenta que la Capacidad Instalada (CI) es de 6,900 kVA o de 0,0069 MVA, entonces decimos que:

CI > 0,01 MVA

De acuerdo con lo indicado en la tabla Nº 1 de la resolución en referencia el punto de medición tiene una **clasificación 4**

1.7.2. Exactitud de los equipos de medida. Todos los componentes del sistema de medición, deben cumplir con los índices de clase, clase de exactitud y error porcentual total máximo, de acuerdo con lo indicado en el artículo 9 de la resolución CREG 038-2014

De acuerdo con la clasificación 4, se establece que la clase o la **precisión** para los equipos de medida es **0,5** de acuerdo a lo que indica la tabla Nº 2 pág. 14 de la misma resolución.

1.7.3 Certificado de conformidad. Todos los componentes del sistema deben de contar con certificado de conformidad expedido por una entidad acreditada por la ONAC, y este debe abarcar la totalidad de los requisitos establecidos en la norma de referencia y demás condiciones reglamentarias aplicables.

1.7.4 Selección del medidor. Como CI<0,01 MVA , tenemos un medidor multifuncional trifásico tetrafilar EA, ER, DM, electrónico, clase 0,5 (Tabla 2 de la NTC-5019 y tabla 2 Resolución CREG 038/2014) – 3F – 4H 3*123/214V 60Hz 100A multirango

2. ITEMS QUE APLICAN PARA UN DISEÑO DETALLADO DE ACUERDO CON EL TIPO DE PROYECTO TAL COMO LO INDICA EL RETIE

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

2.a.1. Cuadros de cargas

cuadro de cargas para tablero de distribucion TC parque principal municipio de arcabuco Boyaca

circuitos	tomacorrientes				lamparas							balan de kVA			Discr. de kVA			Amp.	Cu THHN 600V	Prot. 600v 5kA	Descripcion
	1F-Gene	1F-Fspe	2F-Fspe	3F-Fspe								R(X)	S(Y)	T(Z)	Alumbr.	T.Grales	T.Especi.				
C1											42	0,560	0,560	0,560	1,680			4,53	10	3*20A	alumb. perimetral
C2											24	0,320	0,320	0,320	0,960			2,59	10	3*20A	alumb. senderos
C3						8						0,040		0,040	0,080			0,37	10	2*20A	alumb. bolardos en parcelas
C4								10					0,250	0,250	0,500			2,34	10	2*20A	alumb. monumentos y band.
C5						12						0,060		0,060	0,120			1,08	10	2*20A	alumb. p. sumergi. espej agua
C6						6		10				0,280		0,280	0,560			2,62	10	2*20A	alumb. fachada iglesia
C7								15				1,000	1,000	1,000			3,000	0,81	10	3*20A	bomba para mov. de agua
C8											8	0,160	0,160		0,320			1,49	10	2*20A	alumb. costado de la iglesia
												2,420	2,290 7,220	2,510	4,220	7,220	3,000				

Demanda Maxima Diversificada Dmd=7,220*100%=7,220kVA In=19,48A Ip=In*1,25=24,35A

Los análisis de carga se establecen y resumen en los cuadros de carga que se encuentran a continuación:

Para la diversificación de la carga y otros calculo setiene en cuenta lo indicado en la NTC 2050 tablas 220-42,2220-44,430-251b

2.a.2. Análisis de armónicos:

De acuerdo a lo estipulado en el estándar IEEE 519 de 1992. Las principales fuentes de armónicos son las siguientes:

Convertidores, hornos de arco, inversores, controles de fase electrónicos, ciclos convertidores, variadores de modulación de ancho de pulso.

El proyecto en asunto no cuenta con estas cargas, Las únicas fuentes que se puede considerar generan armónicos es la iluminación led, y los equipos electrónicos.

En el proyecto los drivers de las luminarias cumplen con las condiciones armónicas máximas establecidas por estándares como IEC-61000-3-2 que especifica los límites permitidos de corrientes armónicas inyectadas en el sistema de suministro público por parte de aparatos eléctricos y electrónicos que tienen un consumo menor o igual a 16 A por fase en un sistema de baja tensión.

2.a.3. Análisis de Factor de Potencia:

Las únicas cargas no lineales del proyecto son de tipo inductivas, que representan la una

menor parte de la carga instalada, teniendo un factor de potencia general asumido de 0,89 con una demanda máxima diversificada de 7,220KVA ,es decir 6,141Kw; de acuerdo con indicaciones de la CREG y OR un factor de potencia deseado igual 0,95 es aceptable por tal razón implemento un banco de condensadores que me lo permitan obtener. con estos datos entro a una tabla que SIEMENS tiene para calcular compensación de reactivos asi:

KVAR=KW *factor=6,141KW *0,184=1,12KVAR

Se pueden implementar 1 etapa fija de 2kvar

2.b. Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico

Los conductores se seleccionarán teniendo en cuenta el tipo de aislamiento eléctrico de acuerdo al nivel de tensión en el cual se empleen. El objetivo de la coordinación de aislamiento es establecer que distancia de fuga van a manejar los aisladores que estén conectados a las estructuras de media tensión que forman parte de la construcción. En el presente proyecto se aplicarán las normas de construcción de redes estandarizadas por el operador de la red EBSA E.S.P.

En la siguiente tabla se muestran los niveles de aislamiento normalizados para redes de Media Tensión, Estos niveles de aislamiento y de tensión, deben aplicarse para todos los equipos que formen parte del sistema de distribución.

TENSION NOMINAL DEL SISTEMA (kV)	NIVEL DE AISLAMIENTO – BIL (kV)
13,2	110
34,5	200

.

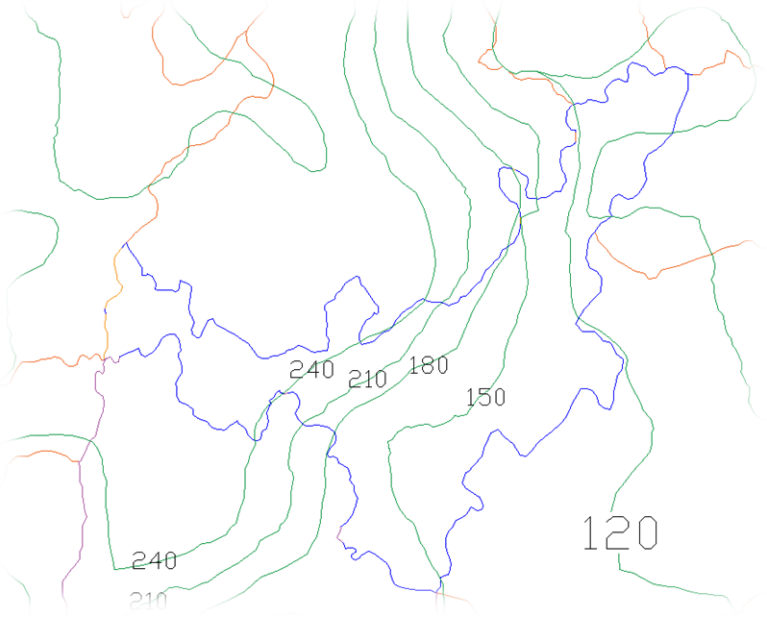
2.c. Análisis de cortocircuito y falla a tierra

Se tendrá en cuenta la corriente de falla en el punto de conexión
Para calcular la corriente de cortocircuito, en el caso de una falla en bornes secundarios del transformador, referida al primario:

corrientes de cortocircuito en B.T.
r=1,4812 R=1,4812*0,050=0,07406
x=0,1317 X=0,1317*0,050=0,006585
$Z=\sqrt{((0,07406)^2+(0,006585)^2)}=0,07435$
$I_{CCT} = v_{NS}/(Z_c\ \%) = 214/(1,732(0,07435))=1661,8A$

2.d. Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos

La ubicación geográfica de Colombia implica unas condiciones meteorológicas excepcionales que dan a las descargas atmosféricas un comportamiento muy distinto al que se presenta en otras latitudes del planeta. Basados en esta condición la norma técnica colombiana ha establecido una metodología para evaluar el nivel de riesgo frente a las descargas eléctricas (rayos) que involucran la exposición al riesgo y los aspectos que dado el impacto del rayo impliquen un daño mayor o menor, es decir, su gravedad



La NTC 4552 "protección contra descargas eléctricas atmosféricas" y el articulo 5 del **retie** se debe evaluar el factor de riesgo para protección contra rayos.

Los parámetros de las descargas eléctricas atmosféricas utilizados para encontrar el nivel de riesgo son: el riesgo debido a la densidad de descargas a tierra (R_{DDT}) y el riesgo debido a la corriente pico absoluta promedio(RI_{abs}).

DDT=1 para Tunja y los alrededores en el departamento de Boyacá según tabla A DE NTC 4552 página 23

En costado oriental del proyecto se presenta una topografía de ladera y montaña mientras que en las otras latitudes el terreno tiende a ser ligeramente plano; el nivel de descargas puede observase mejor en el mapa anterior donde se sobreponen la división política con la s curvas isoceraunicas de la NTC 4552

$DDT=0{,}0017*NC^{1,56} = 0{,}0017*100^{1,56} = 2{,}24$

Se toman proporciones de 0,7 de la DDT y de 0,3 de la I_{abs} para incluirlas en al ecuación de riesgo: $RIESGO=0{,}7\ R_{DDT}+0{,}3I_{abs} =0{,}7 *1+0{,}3*2{,}24=1{,}372$
Ahora bien la corriente pico absoluta para Colombia es $=I_{ABS}=45{,}3Ka$ que de acuerdo con la tabla de índice de riesgo se obtiene un **valor medio**

Densidad de descargas a tierra	$40 \leq I_{ABS}$	$20 \leq I_{ABS} < 40$	$20 I_{ABS} <$
$30 \leq DDT$	severo	severo	altos
$15 \leq DDT < 30$	severo	altos	altos
$5 \leq DDT < 15$	altos	medios	medios
$DDT < 5$	medios	bajos	bajos

Tabla para el índice de riesgo

Seguidamente se escogen los indicadores correspondientes a los riesgos según el tipo de estructura, área, altura, en función de estos obtener el índice de gravedad

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

Tabla para el indicador de uso I_{USO}

TIPO DE ESTRUCTURA	SUBINDICADOR
No metalica	40
mixta	20
metalica	0

Tabla con los valores del índice relacionado con el tipo de estructura I_T

Superficie del proyecto	1800 m^2
Numero de ususarios	1
Area por usuario	1800 m^2
pisos	2
sotanos	1
Area del proyecto	1800 m^2
Altura por piso	3m
Altura del proyecto	8,5m

Dimensiones del proyecto

Area y altura de la estructura	Altura(H)	Valor del indice
Area menor a 900m^2	H<25m	5
	H≥25m	20
Area mayor o igual a 900m^2	H<25m	10
	H≥25m	20

Valores del índice relacionado con la altura y área de la estructura

Procedo a calcular el índice de gravedad $I_G = I_{USO} + I_T + I_{AA} = 65$

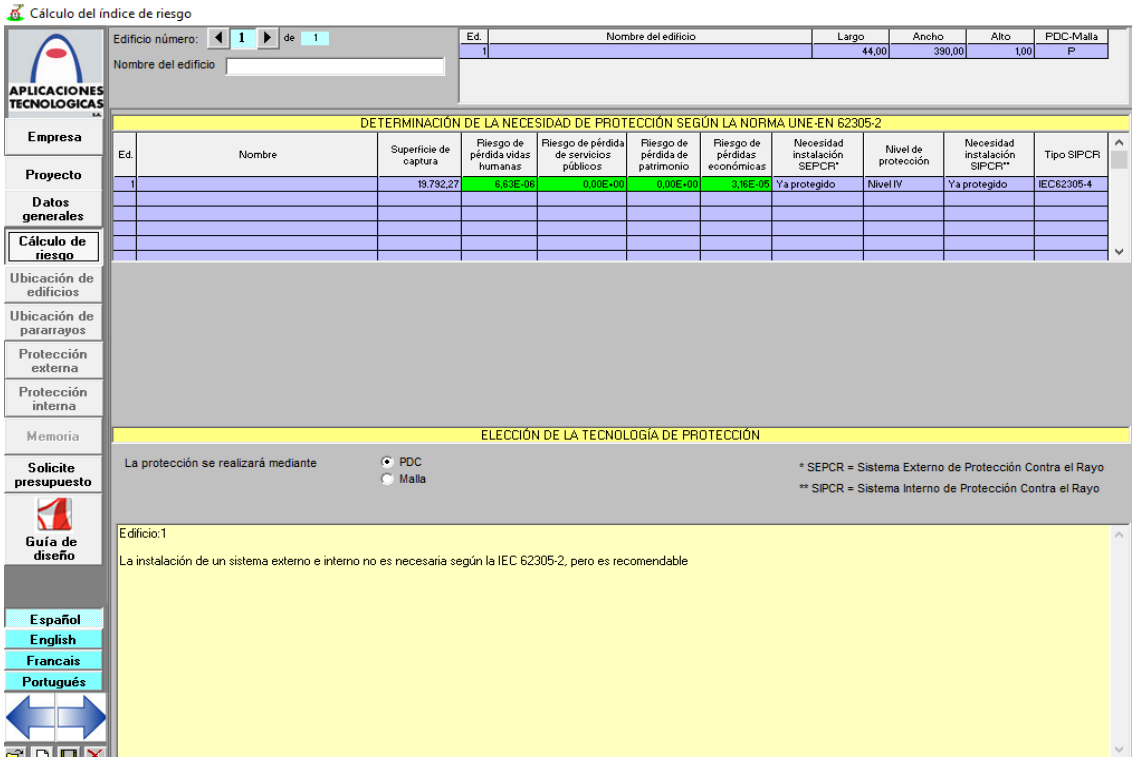
Indice de gravedad por estructura	gravedad
De 0 a 35	leve
De 36 a 50	baja
De 51 a 65	Medio
De 66 a 80	alta
De 81 a 100	severa

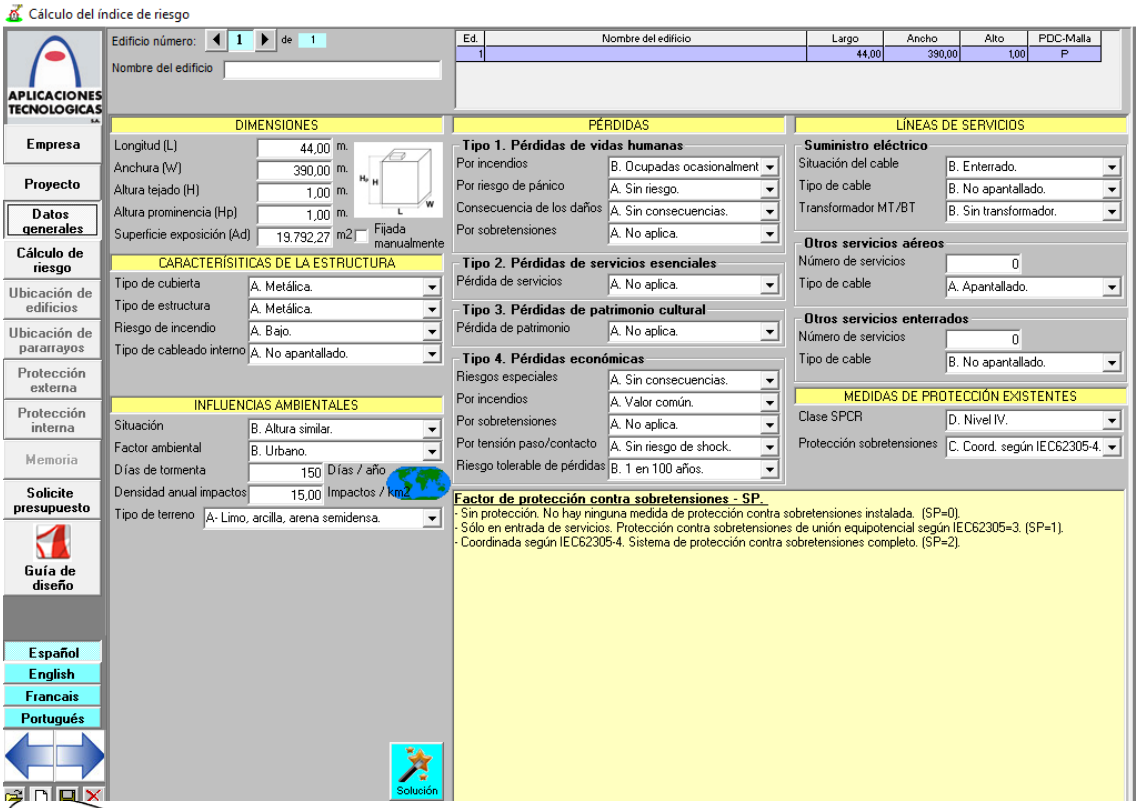
Obtengo un índice de gravedad moderada

Ahora ubicamos los valores establecidos en la matriz de nivel de riesgo y obtenemos un nivel medio.

Parametros del rayo	**Indice de gravedad**	severa	alta	medio	baja	leve
severo						
alto						
medio				medio		
bajo						

OLMER WILCHES GARCÍA
C.C. 10.110.010
Ingeniero Eléctrico U.T.P.
M.P. RS-2050547





OLMER WILCHES GARCÍA
C.C. 10.110.010
Ingeniero Eléctrico U.T.P.
M.P. RS-2050547

Conclusion: estas son las actividades recomendadas para la protección de la estructura.

-suspender actividades de alto riesgo cuando se tenga personal al aire libre
-puesta a tierra con varillas de Cu 13mm según NTC 2050 e IEEE 1100
-cableado y puesta a tierra según NTC 2050 e IEEE1100
-SPE sistema de protección externa. De acuerdo con las dimensiones del proyecto se aconseja instalalar puntas de captación un promedio de 1m sobre la cubierta con sus respectivas bajantes tal como se indica en el plano 2D3

2.e. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos

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

El resultado final del paso de una corriente eléctrica por el cuerpo humano puede predecirse con un gran porcentaje de certeza, si se toman ciertas condiciones de riesgo conocidas y se evalúa en qué medida influyen todos los factores que se conjugan en un accidente de tipo eléctrico. Por tal razón el personal que intervenga en una instalación, en función de las características de la actividad, proceso o situación, debe aplicar las medidas necesarias para que no se potencialice un riesgo de origen eléctrico.
En electricidad son **cinco las reglas de oro** que definen el procedimiento estándar de obligatorio cumplimiento para minimizar el riesgo en trabajos sin tensión:

1-desconectar, corte visible o efectivo.

2-enclavamiento,bloqueo y señpalizacion.

3-comprobacion de ausencia de tensión.

4-puesta a tierra y cortocircuito.

5-señalizacion de la zona de trabajo.

2.e.1 Electropatologia

Esta disciplina estudia los efectos de corriente eléctrica, potencialmente peligrosa, que puede producir lesiones en el organismo, así como el tipo de accidentes que causa. Las consecuencias del paso de la corriente por el cuerpo humano pueden ocasionar desde una simple molestia hasta la muerte, dependiendo del tipo de contacto; sin embargo, debe tenerse en cuenta que en

general la muerte no es súbita. Por lo anterior, el **RETIE** ha recopilado los siguientes conceptos básicos para que las personas tengan en cuenta:

- Los accidentes con origen eléctrico pueden ser producidos por: contactos directos (bipolar o fase- fase, fase-neutro, fase-tierra), contactos indirectos (inducción, contacto con masa energizada, tensión de paso, tensión de contacto, tensión transferida), impactos de rayo, fulguración, explosión, incendio, sobrecorriente y sobretensiones.

- Los seres humanos expuestos a riesgo eléctrico, se clasifican en individuos tipo "A" y tipo "B". El tipo "A" es toda persona que lleva conductores eléctricos que terminan en el corazón en procesos invasivos; para este tipo de paciente, se considera que la corriente máxima segura es de 80 µA. El individuo tipo "B" es aquel que está en contacto con equipos eléctricos y que no lleva conductores directos al corazón.

- Algunos estudios, principalmente los de Dalziel, han establecido niveles de corte de corriente de los dispositivos de protección que evitan la muerte por electrocución. Ver Tabla Porcentaje de personas que se protegen según la corriente de disparo.

Tabla porcentaje de personas que se protegen según la corriente de disparo

CORRIENTE DE DISPARO	6 mA (rms)	10 mA (rms)	20 mA (rms)	30 mA (rms)
Hombres	100 %	98,5 %	7,5 %	0 %
Mujeres	99,5 %	60 %	0 %	0 %
Niños	92,5 %	7,5 %	0 %	0 %

Fuente: RETIE. Seguridad eléctrica S.A.S.

- Biegelmeier estableció la relación entre el I2.t (energía específica) y los efectos fisiológicos. Ver siguiente tabla.

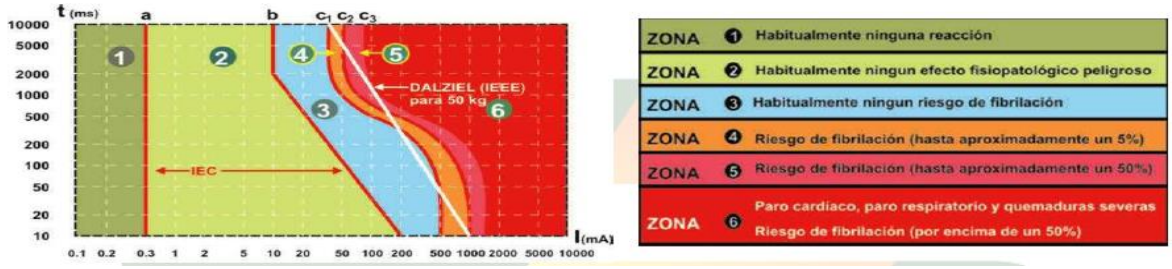
ENERGÍA ESPECÍFICA $I^2.t.$ ($A^2s \times 10^{-6}$)	PERCEPCIONES Y REACCIONES FISIOLÓGICAS.
4 a 8	Sensaciones leves en dedos y en tendones de los pies.
10 a 30	Rigidez muscular suave en dedos, muñecas y codos.
15 a 45	Rigidez muscular en dedos, muñecas, codos y hombros. Sensación en las piernas.
40 a 80	Rigidez muscular y dolor en brazos y piernas.
70 a 120	Rigidez muscular, dolor y ardor en brazos, hombros y piernas.

Fuente: RETIE. Seguridad eléctrica S.A.S.

- Debido a que los umbrales de soportabilidad de los seres humanos, tales como el de paso de corriente (1,1 mA), de reacción a soltarse (10 mA) y de rigidez muscular o de fibrilación (25 mA) son valores muy bajos; la superación de dichos valores puede ocasionar accidentes como la muerte o la pérdida de algún miembro o función del cuerpo humano.

- En la siguiente gráfica tomada de la **NTC 4120**, con referente **IEC 60479-2**, se detallan las zonas de los efectos de la corriente alterna de 15 Hz a 100 Hz.

Figura. Zonas de tiempo/corriente de los efectos de las corrientes alternas de 15 Hz a 100 Hz



- Cuando circula corriente por el organismo, siempre se presentan en mayor o menor grado tres efectos: nervioso, químico y calorífico.

- En cada caso de descarga eléctrica intervienen una serie de factores variables con efecto aleatorio, sin embargo, los principales son: Intensidad de la corriente, la resistencia del cuerpo humano, trayectoria, duración del contacto, tensión aplicada y frecuencia de la corriente.

- El paso de corriente por el cuerpo, puede ocasionar el estado fisiopatológico de shock, que presenta efectos circulatorios y respiratorios simultáneamente.

- La fibrilación ventricular consiste en el movimiento anárquico del corazón, el cual no sigue su ritmo normal y deja de enviar sangre a los distintos órganos.

- El umbral de fibrilación ventricular depende de parámetros fisiológicos y eléctricos, por ello se ha tomado la curva C1 como límite para diseño de equipos de protección. Los valores umbrales de corriente en menos de 0,2 segundos se aplican solamente durante el período vulnerable del ciclo cardíaco.

- Electrización es un término para los accidentes con paso de corriente no mortal.

- La electrocución se da en los accidentes con paso de corriente, cuya consecuencia es la muerte, la cual puede ser aparente, inmediata o posterior.

- La tetanización muscular es la anulación de la capacidad del control muscular, la rigidez incontrolada de los músculos como consecuencia del paso de una corriente eléctrica.

- La asfixia se produce cuando el paso de la corriente afecta al centro nervioso que regula la función respiratoria, ocasionando el paro respiratorio. Casi siempre por contracción del diafragma.

- Las quemaduras o necrosis eléctrica se producen por la energía liberada al paso de la corriente (calentamiento por efecto Joule) o por radiación térmica de un arco eléctrico.

- El bloqueo renal o paralización de la acción metabólica de los riñones, es producido por los efectos tóxicos de las quemaduras o mioglobinuria.

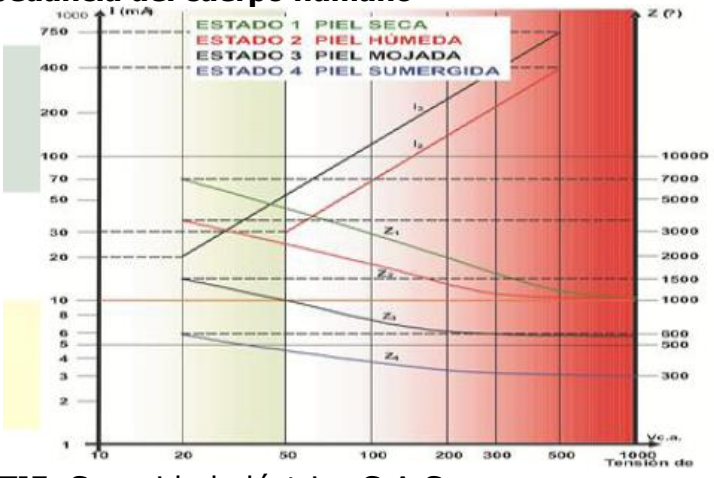
- Pueden producirse otros efectos colaterales tales como fracturas, conjuntivitis, contracciones, golpes, aumento de la presión sanguínea, arritmias, fallas en la respiración, dolores sordos, paro temporal del corazón, etc.

- El cuerpo humano es un buen conductor de la electricidad. Para efectos de cálculos, se ha normalizado la resistencia como 1000 Ω. Experimentalmente se mide entre las dos manos sumergidas en solución salina, que sujetan dos electrodos y una placa de cobre sobre la que se para la persona. En estudios más profundos el cuerpo humano se ha analizado como impedancias (Z) que varían según diversas condiciones (ver Figura 9.2). Los órganos como la piel, los músculos, etc., presentan ante la corriente eléctrica una impedancia compuesta por elementos resistivos y capacitivos.

- Los estados en función del grado de humedad y su tensión de seguridad asociada son:

  - Piel perfectamente seca (excepcional): 80 V
  - Piel húmeda (normal) en ambiente seco: 50 V
  - Piel mojada (más normal) en ambientes muy húmedos: 24 V
  - Piel sumergida en agua (casos especiales): 12 V

Figura. Impedancia del cuerpo humano



Fuente: RETIE. Seguridad eléctrica S.A.S.

Nota: *La alta dependencia de la impedancia del cuerpo con el contenido de agua en la piel obliga a que en las instalaciones eléctricas en áreas mojadas, tales como cuartos de baños, mesones de cocina, terrazas, espacios inundados, se deben tomar mayores precauciones como el uso de tomas o interruptores con*

protección de falla a tierra y el uso de muy baja tensión en instalaciones como las de piscinas.

2.e.2. Evaluación del nivel de riesgo

Para la elaboración del presente reglamento se tuvieron en cuenta los elevados gastos en que frecuentemente incurren el Estado y las personas o entidades afectadas cuando se presenta un accidente de origen eléctrico, los cuales superan significativamente las inversiones que se hubieren requerido para minimizar o eliminar el riesgo.

Para los efectos del presente reglamento se entenderá que una instalación eléctrica es de **PELIGRO INMINENTE** o de **ALTO RIESGO**, cuando carezca de las medidas de protección frente a condiciones donde se comprometa la salud o la vida de personas, tales como: ausencia de la electricidad, arco eléctrico, contacto directo e indirecto con partes energizadas, rayos, sobretensiones, sobrecargas, cortocircuitos, tensiones de paso, contacto y transferidas que excedan límites permitidos.

2.e.2.1. Matriz de análisis de riesgos. Con el fin de evaluar el nivel o grado de riesgo de tipo eléctrico, se puede aplicar la siguiente matriz para la toma de decisiones (Tabla 9.3). La metodología a seguir en un caso en particular, es la siguiente:

a) Definir el factor de riesgo que se requiere evaluar o categorizar.

b) Definir si el riesgo es potencial o real.

c) Determinar las consecuencias para las personas, económicas, ambientales y de imagen de la empresa. Estimar dependiendo del caso particular que analiza.

d) Buscar el punto de cruce dentro de la matriz correspondiente a la consecuencia (1, 2, 3, 4, 5) y a la frecuencia determinada (a, b, c, d, e): esa será la valoración del riesgo para cada clase.

e) Repetir el proceso para la siguiente clase hasta que cubra todas las posibles pérdidas.

f) Tomar el caso más crítico de los cuatro puntos de cruce, el cual será la categoría o nivel del riesgo.

Tomar las decisiones o acciones, según lo indicado en la siguiente tabla.

Tabla. Matriz para análisis de riesgos

RIESGO A EVALUAR CONTACTO DIRECTO	Quemadura o electrocucción	Por cortocircuito		(al) o (en)	Tablero de contador
	EVENTO O EFECTO ELECTRIZACIÓN		FACTOR DE RIESGO (CAUSA) CONTACTO DIRECTO		FUENTE RED ELÉCTRICA B.T.

POTENCIAL____ REAL__x__

CONSECUENCIAS						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 el 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.	Contami-nación irreparable	Inter-nacional	**5**	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida en subestación.	Contami-nación mayor	Nacional	**4**	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	* Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contami-nación 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)	Δ Daños leves, no interrupción.	□ Sin efecto	Interna	**1**	MUY BAJO	Δ BAJO	□ BAJO	BAJO	MEDIO

Olmer Wilches García

Evaluador: _____ MP: RS 2050547 FECHA: 5/01/2023



OLMER WILCHES GARCÍA
C.C. 10.110.010
Ingeniero Eléctrico U.T.P.
M.P. RS-2050547

Tabla. Decisiones y acciones para controlar el riesgo

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	MUY ALTO	**Inadmisible para trabajar.** Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	ALTO	**Minimizarlo.** Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
Ü	MEDIO	**Aceptarlo.** Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP) Requiere permiso especial de trabajo	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	BAJO	**Asumirlo.** Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: * ¿Qué puede salir mal o fallar? * ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? * ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	MUY BAJO	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

Fuente: Tabla 9.4 página 49 RETIE

2.e.2.2 Criterios para determinar alto riesgo. Para determinar la existencia de alto riesgo, la situación debe ser evaluada por un profesional competente en electrotecnia y basarse en los siguientes criterios:

a) Que existan condiciones peligrosas, plenamente identificables, especialmente carencia de medidas preventivas específicas contra los factores de riesgo

eléctrico; equipos, productos o conexiones defectuosas; insuficiente capacidad para la carga de la instalación eléctrica; violación de distancias de seguridad; materiales combustibles o explosivos en lugares donde se pueda presentar arco eléctrico; presencia de lluvia, tormentas eléctricas y contaminación.

b) Que el peligro tenga un carácter inminente, es decir, que existan indicios racionales de que la exposición al factor de riesgo conlleve a que se produzca el accidente. Esto significa que la muerte o una lesión física grave, un incendio o una explosión, puede ocurrir antes de que se haga un estudio a fondo del problema, para tomar las medidas preventivas.

c) Que la gravedad sea máxima, es decir, que haya gran probabilidad de muerte, lesión física grave, incendio o explosión, que conlleve a que una parte del cuerpo o todo, pueda ser lesionada de tal manera que se inutilice o quede limitado su uso en forma permanente o que se destruyan bienes importantes de la instalación o de su entorno.

d) Que existan antecedentes comparables, el evaluador del riesgo debe referenciar al menos un antecedente ocurrido con condiciones similares.

2.e.2.3 Medidas para mitigar el riesgo eléctrico

Existen gran cantidad de alternativas para reducir el riesgo eléctrico en una instalación, a continuación, se describen algunos de los más comunes:

a) La construcción de una Sistema de Puesta Tierra (SPT), tal como se calculó
b) Proveer el lado de Alta Tensión del Transformador, de Descargadores de Sobretensión DPS (uno por Borne).
c) Instalación de descargadores de sobretensión DPS en el tablero eléctrico principal.
d) Se recomienda la implementación de extintores, en todos los cuartos que
e) contienen los diferentes equipos eléctricos.

RIESGOS DE ORIGEN ELECTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS

RIESGOS: electricidad estatica

POSIBLES CAUSAS: union y separacion constante de materiales como aislantes,conductores,solidos o gases con la presencia de un aislante

MEDIDAS DE PROTECCION:sistemas de puesta a tierra,conexiones equipotenciales aumento de la humedad relativa,ionizacion del ambiente,eliminadores electrico y radiactivos, pisos conductivos.

RIESGOS: Equipo defectuoso

POSIBLES CAUSAS: mal mantenimiento, mala instalacion, mala utilizacion transporte inadecuado, tiempo de uso

MEDIDAS DE PROTECCION:mantenimiento predictivo y preventivo,construccion de instalaciones siguiendo la normas tecnicas,caracterizacion del entorno electromagnetico

RIESGOS: rayos

POSIBLES CAUSAS: fallas en el diseño,construccion, operacion y operacion del SPRA

MEDIDAS DE PROTECCION: pararrayos, bajante , puesta a tierra, equipotencializacion apantallamientos , topologia del cableado, ademas suspender actividades de alto riesgo cuando se tenga personal al aire libre

RIESGOS: sobre cargas

POSIBLES CAUSAS: superar el limite nominal de los equipos o de los conductores,instalaciones que no cumplen con la norma tecnica,conexiones flojas,armonicos

MEDIDAS DE PROTECCION: interruptores automaticos con con reles de sobrecarga, interruptores automaticos asociados con cortacircuitos,cortacircuitos, fusibles,dimensionamiento adecuado de conductores y equipo

RIESGOS: tension de contacto

POSIBLES CAUSAS: rayos ,fallas a tierra, fallas de aislamiento,violacion de distancias de seguridad

MEDIDAS DE PROTECCION: puesta a tierra de baja resistencia, restriccion de acceso alta resistividad del piso, equipotencializacion.

RIESGOS: tension de paso

POSIBLES CAUSAS: rayos ,fallas a tierra, fallas de aislamiento,violacion de areas restringidas

MEDIDAS DE PROTECCION: puesta a tierra de baja resistencia, restriccion de acceso alta resistividad del piso, equipotencializacion.

RIESGOS: arcos electricos

POSIBLES CAUSAS: malos contactos, cortocircuitos, apertura de interruptores con carga apertura o cierre de seccionadores

MEDIDAS DE PROTECCION: utilizar materiales envolventes resistente a los arcos,mantener una distancia de seguridad,usar gafas de proteccion contra rayos ultravioleta

RIESGOS: ausencia de electricidad

POSIBLES CAUSAS: apagon, carencia de un sistema ininterrumpido de potencia(UPS) no tener plantas de emergencia, no tener transferencia

MEDIDAS DE PROTECCION:disponer de un sistema ininterrumpido de potencia(UPS) y grupos electrogenos con transferencia automatica

RIESGOS: contacto directo

POSIBLES CAUSAS: negligencia de los tecnicos o falta de experiencia en el personal no tecnico

MEDIDAS DE PROTECCION: distancias de seguridad, interposicion de obstaculos,aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilizacion de interruptores diferenciales elementos de proteccion personal, puesta a tierra, probar ausencia de tension

RIESGOS: contacto indirecto

POSIBLES CAUSAS: fallas de aislamiento,mal mantenimiento, falta del conductor de puesta a tierra.

MEDIDAS DE PROTECCION: separacion de circuito,uso de muy baja tension, distancias de seguridad,conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra,interruptores diferenciales. mantenimiento preventivo y correctivo.

RIESGOS: cortocircuito

POSIBLES CAUSAS: falla de los aliamiento,falta de experiencia de los tecnicos, accidentes externos,vientos fuertes , humedades

MEDIDAS DE PROTECCION: interruptores automaticos con dispositivos de disparo de maxima corriente o cortacircuitos fusibles..

2.f. Análisis del nivel tensión requerido.

Se estandarizan los niveles de tensión para sistemas de corriente alterna, adoptados de la **NTC 1340**

-EXTRA ALTA TENSION (EAT). Para tensiones superiores a 230Kv

-**ALTA TENSION (AT).** son tensiones mayores o iguales a 57,5 Kv y menores a 230Kv.

-**MEDIA TENSION (M.T.) .** aquellas tensiones nominales superiores a 1000v e inferiores a 57,5kv

-**BAJA TENSION (B.T.).** corresponde a las tensiones nominal o igual a 25v y menor o igual a 1000v.

-**MUY BAJA TENSION (MBT).** Son tensiones menores que 25v.

Todas las instalaciones sujetas al RETIE. Deben asociarse a uno de los niveles de tensión anteriores. Si en la instalación existen circuitos en los que se utilizan distintas tensiones, el conjunto del sistema se clasificara en el grupo correspondiente al valor de la tensión nominal más elevada.

Para el caso particular de la EBSA las disponibilidades de servicio estarán sujetas a las siguientes consideraciones.

De 0 a 30 KVA ⇨ Tenemos servicio en B.T.
De 30 a 500 KVA ⇨ Tenemos Servicio trifásico a 13,2 KV
De 500 KVA en adelante ⇨ Tenemos servicio a 34,5 KV

Fuente: Tabla Nº 1 pág. 17 Normas EBSA.96
Nota: El tope máximo a 34,5 será motivo de consulta con el Operador de Red.

2.g. calculo de campos electromagnéticos para asegurar que en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la tabla 14.1 Resolución 90708 RETIE

El consumo de electricidad es parte integral de nuestra vida cotidiana. Asociada al flujo de corriente se crean campos eléctricos y magnéticos(CEM) junto a los conductores que las transportan, así como alrededor de los aparatos. Se han planteado por tal razón interrogantes de los efectos nocivos sobre la salud, cuando hay una exposición a CEM de frecuencias extremadamente bajas(FEB). Las instalaciones objeto del presente reglamento, las personas que por sus actividades están expuestas a CEM o el público en general, no deben ser sometidos a campos que superen los valores indicados.

TIPO DE EXPOSICION	*C.E. en kv/m*	*DFM en µT*
EXP. OCUPACIONAL EN UN DIA DE TRABAJO DE 8hr	*8,3*	*1000*
EXP. DEL PUBLICO EN GENERAL HASTA 8hr CONTINUAS	*4,16*	*200*

Actuando de acuerdo con lo indicado en el numeral 14.4 pagina 68 de RETIE, se requiere estudio de CEM para aquellas líneas y S/E con tensión superior 57,5 kv que pasen por edificaciones existentes y vayan a tener presencia de personas. Este proyecto es de 13,8kv por tal razón no aplica.

2.h. Cálculo De Transformadores Incluyendo Los Efectos De Los Armónicos Y Factor De Potencia En La Carga

De acuerdo con la demanda máxima diversificada y actuando de acuerdo con las normas de la EBSA , no es necesario la instalación de transformador.

2.h.1. Análisis de armónicos:

De acuerdo a lo estipulado en el estándar IEEE 519 de 1992. Las principales fuentes de armónicos son las siguientes:

Convertidores, hornos de arco, inversores, controles de fase electrónicos, ciclos convertidores, variadores de modulación de ancho de pulso.

El proyecto en asunto no cuenta con estas cargas, Las únicas fuentes que se puede considerar generan armónicos es la iluminación led, y los equipos electrónicos.

En el proyecto los drivers de las luminarias cumplen con las condiciones armónicas máximas establecidas por estándares como IEC-61000-3-2 que especifica los límites permitidos de corrientes armónicas inyectadas en el sistema de suministro público por parte de aparatos eléctricos y electrónicos que tienen un consumo menor o igual a 16 A por fase en un sistema de baja tensión.

2.h.2. Análisis de Factor de Potencia:

Las únicas cargas no lineales del proyecto son de tipo inductivas, que representan la mayor parte de la carga instalada, teniendo un factor de potencia general estimado de 0,89 instalaremos un banco de Condensadores 1kvar para inyectar potencia reactiva en atraso y corregir el factor de potencia a 0,95 que es un factor aceptable de acuerdo con las indicaciones de la CREG y OR

2.i. Cálculo del sistema de puesta a tierra

2.i.1 Objetivo.

Lo que se pretende es dimensionar tanto los componentes como las condiciones de instalación para que cumpla con la función de proteger al personal que se encuentra en las proximidades de las áreas y objetivos energizados, así como garantizar el adecuado funcionamiento de los equipos en condiciones normales y reducir los efectos nocivos en caso de una falla.

2.i.2 Metodología.

Para calcular el sistema de puesta a tierra se realizó una inspección del terreno, medidas de resistividad y se solicitó al operador de redes local, las corrientes de cortocircuito correspondiente al alimentador del cual dieron disponibilidad del servicio.

- Demanda máxima diversificada 7,22 KVA
- Resistividad del terreno ρ = 28,9 ohm/m
- Cte. cortocircuito secundario I_{cc3} = 1,661 kA
- Resistencia máxima permitida R = 10 ohm
- Tomamos una varilla 5/8" x 2,4 m y cable desnudo UNIDOS CON SALDADURA EXOTERMICA TIPO cadweld . ver plano 1d3
- Vpaso = (157 + 0,942 ρ)/ $\sqrt{Tc}$
- Vcontacto = (157 + 0,236 ρ)/ $\sqrt{Tc}$
- GPR = Ig x Rg
- Tiempo mínimo para despeje de falla: 40 mseg.
- Tiempo máximo para despeje de falla: 500 mseg.

De acuerdo MIE RAC 13 o la IEEE 80 las máximas tensiones de paso y de contacto que puede recibir el cuerpo sin que alcance niveles peligrosos, pueden calcularse con las siguientes expresiones:

- ✓ Tensión de paso $V_p = V_h \times (1 + 0{,}006/\rho s)$
- ✓ Tensión de contacto $V_c = V_h \times (1 + 0{,}0015/\rho s)$

Donde: $V_h = K/t^n$ es la tensión soportada por el cuerpo humano
Siendo K = 72 para tiempos de duración de las fallas menores de 0,9 seg. y n = 1

OLMER WILCHES GARCÍA
C.C. 10.110.010
Ingeniero Eléctrico U.T.P.
M.P. RS-2050547

Medidas iniciales ρ_1











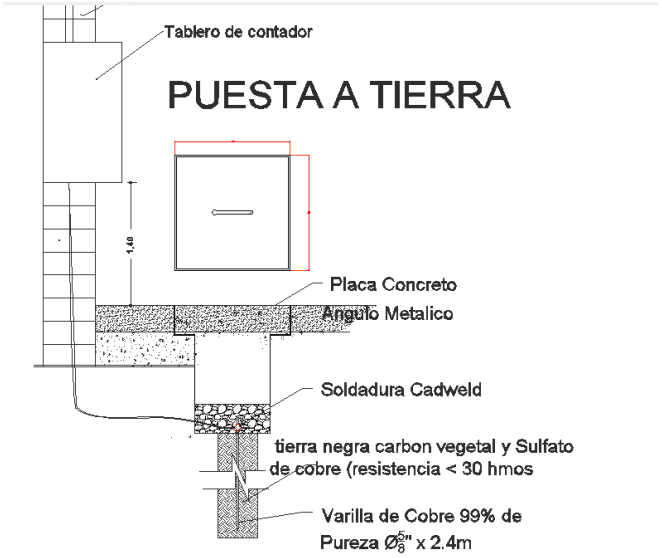


separac	a=1	a=2	a=3	a=4	a=5	a=6
O°			31,3	40,9	43,6	48,6
120°	15,7	23,7	31,7	37,4	39,6	39,6
240°						
promedio	15,7	23,7	31,5	39,15	41,6	44,10

Los valores medidos son en ohms-m y como las varillas a instalar tienen 2,4m promedio los valores entre 2 y 3 m asi: (23,7+31,7+31,3) /3=28,9 ohms-m

OLMER WILCHES GARCÍA
C.C. 10.110.010
Ingeniero Eléctrico U.T.P.
M.P. RS-2050547

2.i.3 Resultados



R=(ρ/2πl)(Ln(2l/r) =10,94 donde ρ es la resistividad del conductor, A es el área del rectángulo y L es la longitud en metros de todo el conductor instalado.

Con la disposición de los componentes propuestos se obtiene un valor adecuado para cumplir la norma:

V_{p70} = (1000+6,0*C_s*ρ_s)0,157/√T_s
= (1000+6,0*28,9)0,157/√1,125
= 173,66V

V_{c70} = (1000+1,5*C_s*ρ_s)0,157/√T_s
= (1000+1,5*1*28,9)0,157//√1,125
= 154,42 V

GPR = I_g*R_g = 1,8*$I_{cc1\phi}$* 28,9 = 1,8*4,888*28,9 =254,27

En los casos en que las tensiones de paso y de contacto estén por encima de los rangos exigidos se pueden tomar medidas como: **a)** establecer conexiones equipotenciales; **b)** construcción de anillo difusor; **c)** disponer de suelos o pavimentos que aíslen suficientemente la zona afectada por la instalación de la tierra.

Estos valores están dentro de los rangos admisibles teniendo en cuenta el tiempo de despeje de la falla que es 0,05 seg.

Tiempo de despeje de la falla	Máxima tensión de contacto admisible (rms c.a.) según IEC para 95% de la población. (Público en general)	Máxima tensión de contacto admisible (rms c.a.) según IEEE para personas de 50 kg (Ocupacional)
Mayor a dos segundos	50 voltios	82 voltios
Un segundo	55 voltios	116 voltios
700 milisegundos	70 voltios	138 voltios
500 milisegundos	80 voltios	164 voltios
400 milisegundos	130 voltios	183 voltios
300 milisegundos	200 voltios	211 voltios
200 milisegundos	270 voltios	259 voltios
150 milisegundos	300 voltios	299 voltios
100 milisegundos	320 voltios	366 voltios
50 milisegundos	345 voltios	518 voltios

Tabla 15.1. Máxima tensión de contacto admisible para un ser humano

2.j. calculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de perdidas, las cargas resultantes y el costo de la energía

A continuación, se muestra el cálculo de pérdidas de energía en un año, en términos de pesos colombianos

2.j.1 En baja tensión

Para la red acometida principal B.T. con longitud de 110 m en 3F*2+1N*2Cu THHN

kva	In(A)	long	Kva*m	cond	k	Ohm-km	Rp%	Ra%	Per(W)
7,22kva	19,48	50m	361,0	4*6 Cu THHN	0,003123	1,4812	1,127	1,127	0,372

Per. kwhr anual	$/ kwhr	$/Per. Kwhr anual	$/m/ 3*6Cu THHN	Long. red	$/ red 3F-4H	$Per+red
3,259	875	2851,4	67136	50m	3356800	$3.359.651,4

Estos valores son aproximados porque se asume que la carga opera las 24 horas los 365 días del año.

los conductores seleccionados cumplen con la capacidad de corriente requerida, la regulación y el porcentaje de pérdidas de potencia y demás exigencias o requerimientos.

2.k. Verificación De Los Conductores, Teniendo En Cuenta El Tiempo De Disparo De Los Interruptores, La Corriente De Cortocircuito De La Red Y La Capacidad De Corriente Del Conductor De Acuerdo Con La Norma IEC 60909, IEEE 242, Capítulo 9 O Equivalente

La verificación de la proteccion de los conductores, se basa en la evaluación de la corriente de cortocircuito máxima admitida por estos. Este es un parámetro importante en la elección de un conductor para una instalación; la corriente máxima de corto circuito en el conductor depende del material(cobre o aluminio),área transversal, temperatura máxima que se puede alcanzar y el tiempo de duración de la falla. En la siguiente ecuación se muestra la relación de las variables mencionadas .

$$Icc = A * K * \sqrt{\frac{\text{Log}\left(\frac{T_2 + \lambda}{T_1 + \lambda}\right)}{t}}$$ Donde :

I_{cc} máxima capacidad de corriente de cortocircuito en (A) que soporta el conductor
A es el área transversal del conductor dada en mm^2
K es la constante del conductor: 341 para el Cu y de 224 para el Al
λ es la temperatura de resistencia cero 234°C para Cu y de 228°C para el Al
T_1 es la temperatura de operación del conductor
T_2 es la temperatura máxima admisible en estado de falla 250°C

El tiempo de duración de la falla es t

Realizo entonces los cálculos para la acometida subterránea B.T en Cu THHN2 en el punto de conexión del transformador

Conductor	I_{CC} en el punto	I_{CC} maxima admisible por el conductor
Acometida principal B.T.	4,888kA	22,25kA

En la tabla anterior se observa que los conductores seleccionados cumplen cabalmente con los requisitos mínimos del sistema por corrientes de cortocircuito.

2.l. Cálculo mecánico de estructuras y elementos de sujeción de equipos.

Las estructuras utilizadas en el proyecto corresponden a las normalizadas por el operador de red(EBSA), las especificaciones técnicas definen claramente los materiales utilizados y las condiciones topográficas para su instalación. en este caso particular tenemos un proyecto urbano y se enfatiza en respetar las distancias de seguridad y las indicaciones del POT local para instalación de servicios públicos. El tendido de redes aéreas se hará preferiblemente por el

costado norte de las calles y por el occidente de las carreras, con un vano máximo permitido de 80m

El diseño mecánico de redes eléctricas aéreas está limitado por las condiciones y datos previamente establecidos por el IDEAM y la norma NSR-98. El cálculo mecánico de los postes se hace para conocer el comportamiento de estos en la peor condición, como puede ser la rotura de uno o varios conductores en mismo lado, vientos muy fuertes etc.

2.l.1. Cálculo de vanos.
Con estos obtenemos las tensiones mecánicas, flechas de conductores y cables de guarda, alturas necesarias, de las estructuras, esfuerzos transversales y verticales.

2.l.2. plantillado.
En él se definen la ubicación y el tipo de las estructuras, atendiendo las condiciones topográficas del terreno y las distancias de seguridad a conservar entre este y los conductores

2.l.3. esfuerzos.
Los esfuerzos en estructuras, conductores y herrajes se determinan mediante la aplicación de la NSR-98 y la referencia de los mapas de valores climatológicos publicados por el IDEAM.

2.l.4. condiciones de carga para estructuras.
Se deben determinar las más desfavorables y seleccionar el tipo de estructura que las soporta.

2.l.5. momentos en las estructuras y curvas de utilización.
Se deben garantizar las condiciones del diseño a pesar de los cambios en el terreno y las condiciones atmosféricas

2.l.6. templetes y/o retenidas.
Se seleccionan de acuerdo con las exigencias y opciones del diseño, en los proyectos urbanos está muy limitada su utilización.

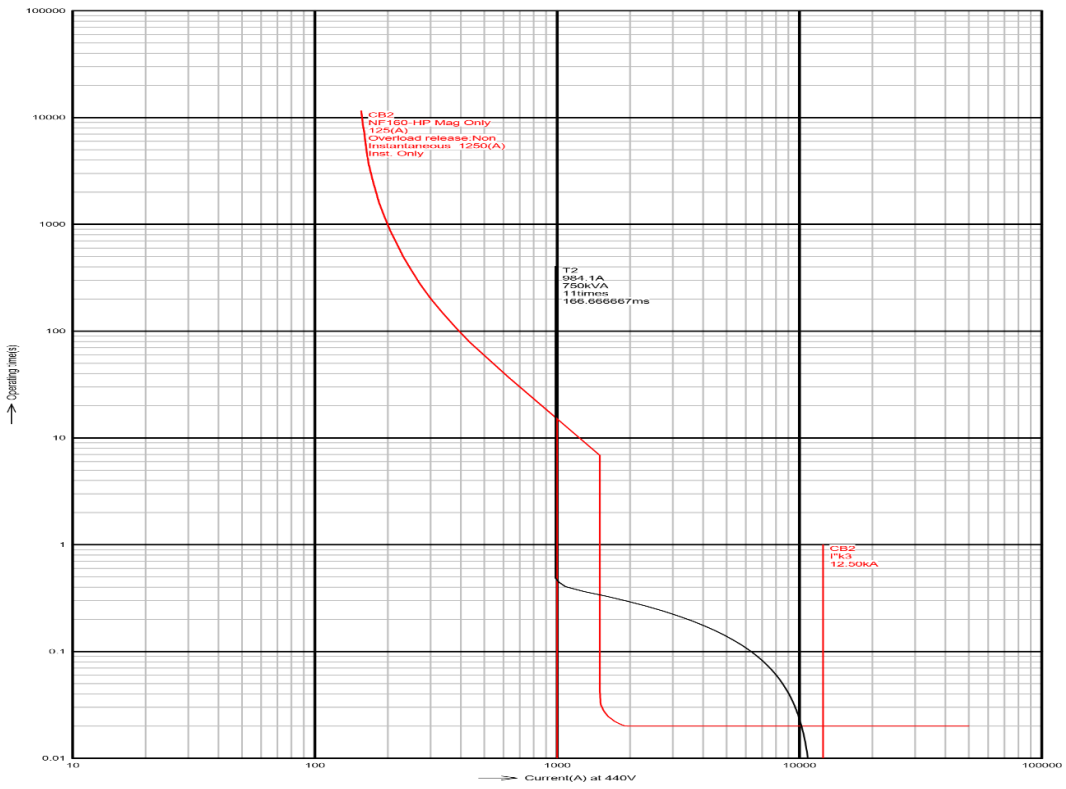
2.l.7. consideraciones sísmicas.
El comportamiento de la estructura ante los movimientos sísmicos del terreno, esta íntimamente ligado con el tipo de cimentación. Las características dinámicas del suelo y la disposición de la cimentación, definen en gran medida los efectos sobre la estructura.

2.m. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. En baja tensión se permite la coordinación contra las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 anexo A

Todos los alimentadores primarios, ramales, derivaciones y acometidas en media tensión deben poseer protección contra sobrecorrientes originada por corto circuitos y sobrecargas, dicha protección se hará con fusibles, reconectadores, reles, interruptores, instalados en el punto de conexión o arranque.

Los circuitos de distribución general BT, así como los de fuerza (cargas especiales deben protegerse contra fenómenos similares. Dicha función la realizan los interruptores automáticos, llamadas también breakers, tacos o interruptores termomagnéticos. Las características constructivas y operativas se hacen más exigentes en la medida que estos aparecen aguas arriba de la

Se presentan las curvas de operación características para la protección principal de baja tensión y los ramales más importantes del sistema



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

La instalación de conductores eléctricos en tubos conduit y bandejas está sujeto a una serie de recomendaciones que son importantes tener en cuenta, para tal fin nos remitiremos a las indicaciones de la sección 3.18 y el capítulo 9 de la norma Icontec 2050.

El porcentaje de la sección transversal máxima ocupada por los conductores en un ducto o bandeja se establece así:

Número de conductores de cualquier tipo	1 53%	2 31%	Más de 2 40%

Para calcular el porcentaje de ocupación de tubería, conduit o bandeja se deben incluir los conductores de puesta a tierra o de conexión equipotencial de los equipos cuando se instalen. En los cálculos se deben utilizar las dimensiones reales de dichos conductores aislados o desnudos.

El índice de ocupación IO(%) = $(A_c/A_d)100\%$, para la red principal B.T.
IO%=(4*8Cu THHN/Ducto1 1/4"PVC)*100%=(4*37,39/1140,09)*100%=18,31%
Este valor esta por debajo del 40% que indica la NTC 2050.

2.o. calculo de perdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de los armónicos y el factor de potencia.

En un sistema eléctrico que está en funcionamiento se presentan dos tipos de pérdidas, las primeras a las cuales llamo pérdidas de operación o funcionamiento tienen que ver con conexiones fraudulentas, fugas de energía, es decir, consumos no registrados; las segundas tienen relación directa con la puesta en marcha de todos y cada uno de los componentes del sistema eléctrico, donde encontramos pérdidas en núcleos devanados, conductores, conexiones, etc. De todas estas pérdidas la más importante es la que se da por calentamiento del conductor o efectos Joule.

2.o.1. Las pérdidas por efecto joule.
se calculan como el cuadrado de la corriente multiplicado por la resistencia del conductor, asumiendo una distribución o balance ideal de cargas para cada una de las fases. Estas también se conocen como el porcentaje de pérdidas en el conductor de un circuito y se expresan como la razón de la pérdida $I^{2*}R$ o del conductor en kilovatios a los kilovatios entregados por el propio circuito o trayecto (multiplicado*100 para convertirla en tanto por ciento).

De acuerdo con lo indicado en los numerales 2.4.2.3 Tabla 11 y 6.5.2.3 Tabla 71 de las Normas EBSA, las pérdidas de potencia son de 2,5% para 34,5, 13,2

kV y de 2,5% en Red B.T. aérea o subterránea sector urbano y del 3% en B.T. sector rural.

2.o.2. Las pérdidas por armónicos.
Los equipos no lineales constituyen una fuente importante de armónicos en un sistema eléctrico, su presencia se manifiesta como un calentamiento adicional de la infraestructura afectando el rendimiento y la vida útil de los mismos. En este proyecto se consideran mínimos los equipos no lineales y por tal razón no amerita una evaluación de tallada.

2.o.3. Las pérdidas por factor de potencia.
Un bajo factor de potencia aumenta la perdida por efecto joule en los componentes del sistema, sobrecarga los transformadores, líneas y generadores e incrementa el valor de las facturas. Este estudio adopta un valor de 0,9 tal como lo indica el documento CREG 018 marzo 8 d 2005.

Cálculo las pérdidas para la red M.T. y para la acometida principal B.T. tal como se muestra en el numeral **2.j.**

2.p. Cálculo de regulación
El conductor elegido debe garantizar que la caída de tensión esté entre los rangos permitidos por las normas de la EBSA, en este caso para (ver resultados en el numeral **2j**).

2.q. clasificación de áreas.

De acuerdo con la NTC 2050 sección 500-1, un lugar clasificado es aquel donde puede existir riesgo de explosión debido a la presencia de gases o vapores inflamables, líquidos inflamables, polvos combustibles, fibras o partículas combustibles.

Los lugares se deben clasificar dependiendo de las propiedades de los vapores, líquidos o gases inflamables y los polvos o fibras combustibles que puedan haber en ellos y por la posibilidad de que se produzcan concentraciones o cantidades inflamables o combustibles.

Los lugares clasificados con riesgo de explosión o conflagración, requieren la implementación de equipos y procesos especiales. Únicamente puede descartarse el riesgo potencial, luego de haber realizado una serie de medidas rigurosas y exhaustivas que permitan concluir la ausencia de material explosivo o combustible(artículo 30,1 página 187 del RETIE).

En este caso no existen áreas clasificadas.

2.r. elaboración de diagramas unifilares

Un diagrama unifilar es la representacion esquemática resumida a una sola línea de la conexión entre los diferentes componentes tanto de conducción, protección, medida y control en un sistema eléctrico.

Su utilidad radica en que expresa de manera clara y sencilla por donde se conduce y hasta donde llega la electricidad.

El uso de estos se recomienda en planos de instalaciones eléctricas de todo tipo para complementar los esquemas de conexión e instalación.

Pueden realizarse de manera horizontal, vertical o una combinación de estas, utilizando la simbología estandarizada. en este proyecto el diagrama principal aparece en el plano 1 de 3 otros diagramas complementarios aparecen en los otros planos.

2.s. elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción

Teniendo como base la propuesta arquitectónica, el amoblamiento y las necesidades del usuario, se consignan en las diferentes plantas del proyecto las salidas de alumbrado, tomas generales ,tomas especiales, acometidas, tableros de distribución y control así como equipos especiales; en otros planos se ubican detalles constructivos preferiblemente a escala y por ultimo tenemos unos planos de resumen del proyecto donde aparece la localización , distancias de seguridad, cuadros de cargas diagrama unifilar cálculos de regulación y perdidas, de transformadores y los equipos de medida. este proyecto en particular tiene 3 planos en formato de pliego con toda la información, como complemento de estos están las memorias de calculo y la documentación técnica, legal y de procedimiento.

2.t. especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico, materiales y sus condiciones particulares.

Todos los materiales y procedimientos constructivos estarán certificados y aprobados por las normas NTC-2050, Reglamentos RETIE y RETILAP, Normas de la ESSA, así como todas aquellas normas inherentes a la construcción de infraestructura eléctrica exterior e interior.

⇒ **CONDUCTORES DE COBRE.** Se utilizan conductores de cobre 99% de pureza, con aislamientos THHN, cuyas propiedades térmicas y eléctricas, aptas para instalar en lugares secos, húmedos y mojados, permitan garantizar una operación a 90º en condiciones normales, a 130º en emergencia y 165º en cortocircuito.

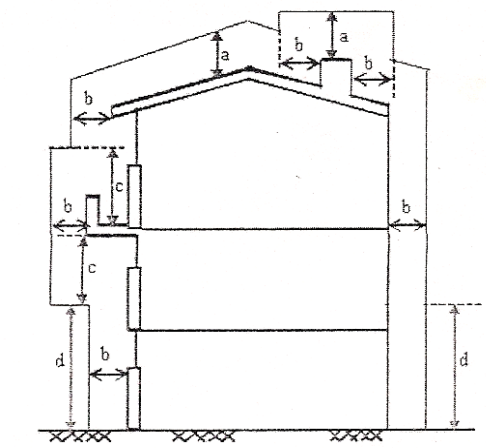
Para ambientes especiales se debe consultar las indicaciones de la norma para aplicaciones específicas.

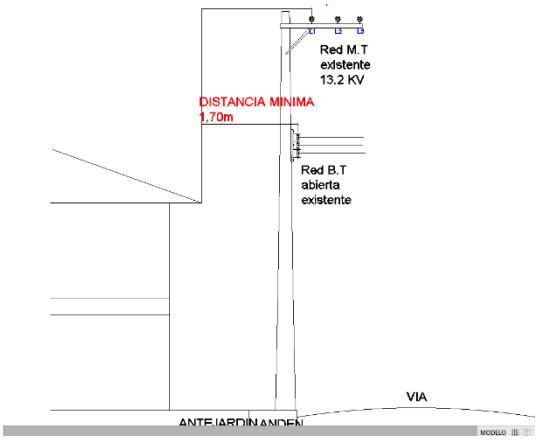
⇒ **DUCTOS, BANDEJAS Y CANALETAS.** En los trayectos donde van embebidos en mampostería o concreto se utiliza PVC TP en los diámetros indicados en planos, para aquellos sitios donde van sobre puestos utilizamos PVC CH40 o metálico MTE; en ambientes especiales de humedad, corrosión, explosivos, etc., se utiliza ductos metálicos galvanizados con sellos de hermeticidad.

Las bandejas rígidas permiten que los conductores no estén sometidos a esfuerzos mecánicos, estas deben ser libres de bordes y de filos que puedan dañar los aislamientos y adicionalmente llevarán un tratamiento

2.u. establecer las distancias Mínimas de Seguridad requeridas.

La tabla y figura siguiente hacen referencia a la separación de las redes con respecto a las construcciones y al terreno, pero esta condición se debe respetar para los diferentes componentes de la estructura de acuerdo con la configuración y el nivel de tensión (ver generalidades en la Norma EBSA).





	Tensión Nominal entre Fases (KV)	Distancia (m)
Distancia vertical "a" sobre techos y proyecciones aplicable solamente a zonas de muy difícil acceso a personas (ver figura)	44/34.5/33 13.8/13.2/11.4/7.6 <1	3.8 3.8 0.45
Distancia horizontal "b" a muros, proyecciones, ventanas y diferentes áreas independientemente de la facilidad de accesibilidad de personas (ver figura)	115/110 66/57.5 44/34.5/33 13.8/13.2/11.4/7.6 <1	2.8 2.5 2.3 2.3 1.7
Distancia vertical "c" sobre o debajo de balcones o techos de fácil acceso a personas y sobre techos accesibles a vehículos de máximo 2.45 m. de altura (ver figura)	44/34.5/33 13.8/13.2/11.4/7.6 <1	4.1 4.1 3.5
Distancia vertical "d" a carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tránsito vehicular (ver figura).	500 230/220 115/110 66/57,5 44/34.5/33 13.8/13.2/11.4/7.6 <1	8.6 6.8 6.1 5.8 5.6 5.6 5

Fuente: Tabla 13.1 RETIE p. 6

2.v. justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de las instalaciones.

El proyecto en general se ajusta en todas sus partes a la NTC 2050

2.w. los demás estudios que el tipo de instalación requieran para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas o térmicas.

No fue necesario estudios adicionales .la medida de la resistividad hace parte integral del numeral **2.i**

OLMER WILCHES GARCÍA
C.C. 10.110.010
Ingeniero Eléctrico U.T.P.
M.P. RS-2050547

GLOSARIO

EBSA: Empresa de Energía de Santander

ICONTEC: Instituto Colombiano de Normas Técnicas

RETIE: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas

PVC: Policloruro de Vinilo

GFCI: Ground Failure Current Interruptal

AWG: American Wire Gauge

UTP: Unshielded Twisted Piars

THHN: Thermoplastic High Heat Nylon

ACSR: Aluminium Conductor Steel Reinforced

ASTM: American Society for Testing and Materials

EPR: Elastómero de Etileno Propileno

UD: Underground Distribution

STP: Shielded Twisted Pairs

LAN: Local Area Newtwork

BIL: Basic Insulated Level

DPS: Dispositivo de Protección contra Sobretensiones

SIPRA: Sistema de Protección contra Rayos

SPT: Sistema de Puesta a Tierra

UPS: Sistema de Potencia Continua o Permanente

ANSI: American National Standards Institute

TW: Thermoplastic Wet

THW: Thermoplastic Heat Wet

BIBLIOGRAFÍA

NORMAS EBSA

NORMAS ICONTEC 2050

REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS RETIE

NORMAS NTC 4552 DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS Y PRINCIPIOS GENERALES

NORMA NTC 5019 PARA LA SELECCIÓN DE EQUIPOS DE MEDIDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

CHECA, Luis María. Líneas de transporte de energía. Tercera edición. Marcombo.

RAMÍREZ VÁSQUEZ, José. Protección de sistemas eléctricos contra sobreintensidades. Ediciones CEAC

CASAS OSPINA, Fabio. Tierras (Soporte de la seguridad eléctrica)

VON, Albert; SPITTA, F. Electrical installations Hand Book. Siemens.

OLMER WILCHES GARCÍA
C.C. 10.110.010
Ingeniero Eléctrico U.T.P.
M.P. RS-2050547

LED
ANTIQUE

IP44 | 76 (mm)





Características

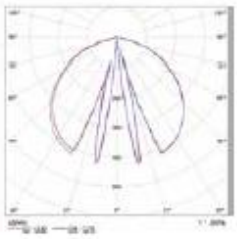
- Estilo de farol contemporáneo.
- Luminaria decorativa, altamente eficiente para aplicaciones exteriores, en parques, plazoletas y senderos peatonales.
- Diseño limpio y suave que combina armoniosamente con el ambiente exterior.
- Chasis en aluminio inyectado de alta resistencia y durabilidad.
- Cubierta en policarbonato de alta transparencia.
- LED de alta potencia.
- Larga vida útil para reducir costos de mantenimiento.

CÓDIGO	POTENCIA	TENSIÓN DE OPERACIÓN	FLUJO LUMINOSO	FACTOR DE POTENCIA	EFICACIA DE LA LUMINARIA	TEMP. DE COLOR	IRC	ANG. DE APERTURA	VIDA ÚTIL *
	(w)	(V)	(lm)		(lm/W)	(k)			(h)
P23935	30	100-240	2.850	>0,9	95	4.000	70	96°	50.000
P23936	45	100-240	4.275	>0,9	95	4.000	70	96°	50.000
P23937	60	100-240	5.700	>0,9	95	4.000	70	96°	50.000

* Vida útil estimada, con mantenimiento del flujo luminoso al 70% (L70).



Watt	Ø(mm)	L(mm)
30W /45W / 60W	400	770



La información contenida corresponde a valores nominales registrados bajo condiciones controladas de tensión y temperatura. Imagen de referencia, Sylvania se reserva el derecho de modificar y/o cambiar este producto o sus especificaciones técnicas sin notificación previa por evolución de la tecnología LED.

OLMER WILCHES GARCÍA
C.C. 10.110.010
Ingeniero Eléctrico U.T.P.
M.P. RS-2050547

SYLVANIA

LED Decorativas

LED SPRING 40W NW 3P G2

P29990



Luminaria LED decorativa para exteriores tipo farol, para instalación vertical en poste. Alta eficiencia y durabilidad para parques, áreas comunes en conjuntos residenciales y exteriores de instalaciones comerciales.

CARACTERÍSTICAS

Estilo de farol contemporáneo.
Compatible con **fotocelda NEMA 3 Pines**
Incluye cubierta transparente para mejor distribución de la luz.
Chasis en aluminio inyectado de alta resistencia y durabilidad

APLICACIONES

Parques y plazoletas
Exteriores residenciales
Exteriores comerciales

LED · +13 años de vida (Uso 10 horas al día) · Tecnología Amigable con el medio ambiente · Ultra Compacto · ENCENDIDO INSTANTANEO

DATOS ÓPTICOS

Temperatura de color	4000K (NW)
Flujo luminoso	5.800 lm
Ángulo de apertura	Tipo V
Tipo de distribución	Simétrica
Reproducción de color (IRC)	70 Ra
Vida útil	100.000 H L70
Eficacia	145 lm/W

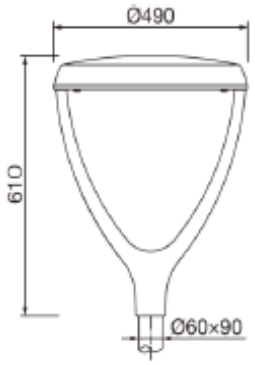
DATOS FÍSICOS

Acabado	Negro
Grado de protección IP	IP66
Grado de protección IK	IK08
Dimensiones (LxWxH)	490x490x610 mm
Tipo de montaje	Poste Vertical
Peso (kg)	6.5 kg
Chasis	Aluminio / PC
Óptica	Difusor transparente
Temperatura Operación Ta	-25°C~+45°C

DATOS ELÉCTRICOS

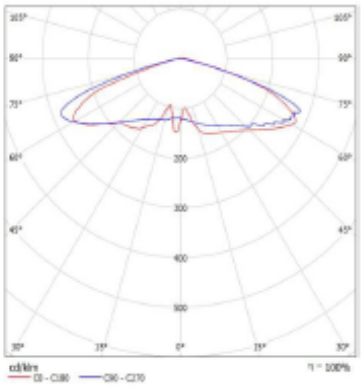
Potencia de entrada	40 W
Tensión de operación	100-277V
Corriente de entrada	0.4 A @ 100 V
Factor de potencia	0.95
Distorsión armónica (THD)	<12%
Tipo de driver	Independiente CC
Atenuable	NO
Base para fotocelda	NEMA 3 PINES

DIMENSIONES



Diametro del poste
ϕ 60 mm
Altura recomendada
2.5 m ~ 8 m

FOTOMETRÍA



Las características de los productos pueden ser modificadas sin previo aviso según la evolución de la tecnología LED. 01/24.

Producto Ecológico:Permite ahorrar energía comparado con productos tradicionales. Libre de mercurio.

by FEILO SYLVANIA

SYLVANIA

LED Decorativas

LED DECO BOLARDO 10W WW MV

P24638



Luminaria decorativa LED tipo bolardo. Su diseño compacto crea ambientes atractivos y agradables, proporciona una salida de luz uniforme y bajo consumo de energía.

CARACTERÍSTICAS

Diseño moderno con fuente LED y difusor opalizado
Fácil y rápida instalación

APLICACIONES

Senderos peatonales
Jardines, terrazas, plazoletas

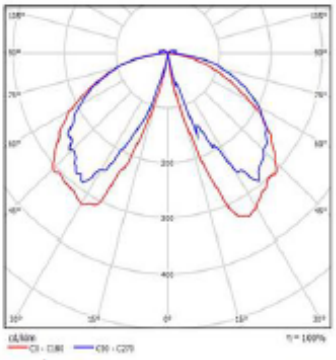
LED · 7 años de vida (Uso 12 horas al día) · Tecnología Amigable con el medio ambiente · Ultra Compacto · ENCENDIDO INSTANTANEO

DATOS ÓPTICOS		DATOS FÍSICOS		DATOS ELÉCTRICOS	
Temperatura de color	3000 K (WW)	Acabado	Negro mate	Potencia de entrada	10 W
Flujo luminoso	700 lm	Grado de protección IP	IP65	Tensión de operación	100-240 V 50/60 Hz
Ángulo de apertura	90°	Dimensiones (LxWxH)	120x80x800 mm	Corriente de entrada	0.083 A @ 120 V
Tipo de distribución	Directa simétrica	Tipo de montaje	Sobreponer piso	Factor de potencia	>0.50
Reproducción de color (IRC)	80	Chasis	Aluminio	Distorsión armónica (THD)	<20%
Vida útil	30000 h L70	Óptica	Difusor transparente	Tipo de driver	Independiente CC
Eficacia	70 lm/W	Temperatura de operación Ta	-10°C ~ +40°C	Atenuable	NO

DIMENSIONES



FOTOMETRÍA



Las características de los productos pueden ser modificadas sin previo aviso según la evolución de la tecnología LED. 12/18

Producto Ecológico: Permite ahorrar energía comparado con productos tradicionales. Libre de mercurio.

by FEILO SYLVANIA

OLMER WILCHES GARCÍA
C.C. 10.110.010
Ingeniero Eléctrico U.T.P.
M.P. RS-2050547

SYLVANIA

LED Reflector

LED REFLECTOR JETA 50W DL

P28639



Luminaria LED tipo reflector para interiores o exteriores, diseño delgado y liviano con driver integrado en la luminaria. Instalación sobrepuesto con soporte metálico. Proyección uniforme de la luz, reduce los costos de consumo de energía y mantenimiento.

CARACTERÍSTICAS

Diseño delgado, moderno y robusto, resistente a la humedad
Chasis en aluminio extruido

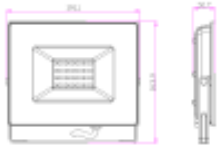
APLICACIONES

Iluminación exterior decorativa, fachadas, jardines.
Iluminación de senderos y áreas de circulación en exteriores

LED | >5 años de vida (Uso 12 horas al día) | Tecnología Amigable con el medio ambiente | Ultra Delgado | ENCENDIDO INSTANTANEO

DATOS ÓPTICOS		DATOS FÍSICOS		DATOS ELÉCTRICOS	
Temperatura de color	6500 K (DL)	Acabado	Negro	Potencia de entrada	50 W
Flujo luminoso	4250 lm	Grado de protección IP	IP65	Tensión de operación	100-240 V 50/60 Hz
Ángulo de apertura	100°	Dimensiones (LxWxH)	191.1x193.9x30.7 mm	Corriente de entrada	0.417 A @ 120 V
Tipo de distribución	Directa simétrica	Tipo de montaje	Sobreponer	Factor de potencia	0.9
Reproducción de color (IRC)	70	Chasis	Aluminio extruido	Distorsión armónica (THD)	<20%
Vida útil	25000 h L70	Óptica	Semiespecular	Tipo de driver	Independiente CC
Eficacia	85 lm/W	Temperatura de operación Ta	-20°C ~ +40°C	Atenuable	NO

DIMENSIONES



FOTOMETRÍA

