

DISEÑO DE LA RED ELÉCTRICA DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN PARA 33 INVERNADEROS DE LA
EMPRESA ELITE FLOWERS UBICADA EN FACATATIVÁ CUNDINAMARCA.

Autor

ARLEY FABIAN QUESADA PALOMINO

Director

M.Sc. VICTOR MANUEL GARRIDO

Ing. Electricista

PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
Pamplona, 15 de marzo de 2022

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto a mis queridos padres Samuel Quesada Muñoz y Marcela Palomino Leon ya que son las personas más importantes en mi vida y de las cuales he recibido su apoyo y motivación cada día, a mi hermana por su compañía, a mi abuela Miriam Muñoz por tenerme siempre en sus oraciones y en general a las personas que me acompañaron durante este largo proceso.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer primero a Dios por permitirme llegar a este punto, a mis padres quienes han sido un pilar fundamental en este logro, a mi director de grado ing. Víctor Manuel garrido por su apoyo académico y colaboración en la realización de este proyecto, a los ingenieros Edward Garzon y Ernesto Junca por estar pendientes de este proceso y acompañamiento durante mis pasantías.

RESUMEN

El presente trabajo consiste en desarrollar un diseño eléctrico de redes eléctricas de media tensión y baja tensión para 33 invernaderos de la compañía The Elite Flower ubicada en Cundinamarca, el diseño comprende en la determinación de todas las estructuras basada en la norma condensa, en el cálculo de los transformadores correspondientes, calibre de conductores, protecciones. Para ello se realizarán los diferentes cuadros de cargas de los invernaderos que tiene contemplados cargas como sublimación, iluminación, ventilación, unidades de riego, unidades de filtrado, unidades de fumigación, entre otros, con el fin de calcular la capacidad de los diferentes transformadores a utilizarse.

Finalmente se realizará un presupuesto de obra eléctrica partiendo de las estructuras correspondientes, transformadores, protecciones, conductores y demás elementos necesarios para el proyecto.

ABSTRACT

The present work consists of developing an electrical design of medium voltage and low voltage electrical networks for 33 greenhouses of the company elite flower located in Cundinamarca, the design includes the determination of all the structures based on the condensa standard, in the calculation of the corresponding transformers, conductor calibers, protections. For this purpose, the different load charts of the greenhouses will be made, including sublimation, lighting, ventilation, irrigation units, filtering units, fumigation units, among others, in order to calculate the capacity of the different transformers to be used.

Finally, an electrical work budget will be prepared, starting with the corresponding structures, transformers, protections, conductors and other elements necessary for the project.

Palabras claves

Transformadores eléctricos, red de media tensión, red de baja tensión, regulación de tensión, conductores eléctricos, invernaderos, protecciones eléctricas, Puesta a tierra.

Keywords

Electrical transformers, medium voltage network, low voltage network, voltage regulation, electrical conductors, greenhouses, electrical protections, grounding.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN	11
1.1. Descripción del problema y justificación	11
1.2. Objetivos.	11
1.2.1. Objetivo general.	11
1.2.2. Objetivos específicos.	11
1.2.3. Acotaciones.	12
1.3. Marco teórico.	12
1.3.1. Transformadores eléctricos.	12
1.3.2. Acometida eléctrica.	12
1.3.3. Sistemas de distribución eléctrica.	12
1.3.4. Red de media tensión	12
1.3.5. Red de baja tensión.	13
1.3.6. Conductores eléctricos.	13
1.3.7. Protecciones eléctricas.	13
1.3.8. Invernadero.	13
1.3.9. Aisladores eléctricos	13
1.3.10. Puesta a tierra	13
1.3.11. Planta de respaldo	13
1.3.12. Postes.	14
1.3.13. Subestación aérea.....	14
CAPÍTULO 2 – METODOLOGÍA.....	15
2.1. Levantamiento del terreno.	15
2.2. Criterio selección de transformadores.	15
2.2.1. Nivel de tensión nominal.....	15
2.2.2. Capacidad.	15
2.3. Criterio selección estructuras en media tensión y baja tensión.	15
2.3.1. Estructura media tensión.	15
2.3.2. Estructura baja tensión.	16
2.4 Criterio selección protecciones media y baja tensión.	16

2.4.1 DPS.	16
2.5. Criterio selección conductores.	17
2.6. Criterio selección planta de respaldo.	17
CAPÍTULO 3– RESULTADOS	18
3.1. Memorias de cálculo.....	18
3.1.1. Sublimación.	18
3.1.2. Ventilación.	18
3.1.3. Ducto.	19
3.1.4. Iluminación.	19
3.1.5. Unidad de fumigación.	20
3.1.6. Unidad de riego.....	20
3.1.7 Unidad de bombeo.....	21
3.2. Calculo transformador y protecciones	23
3.3. Normativa y diseño de la red.	30
3.3.1. Estructuras En Media Tensión.	30
3.3.2. Estructuras En Baja Tensión.....	36
3.3.3. Conductores Eléctricos.	37
3.3.4. Diagrama unifilar transformadores.....	43
3.3.5. Regulación de tensión	44
3.3.6. Sistema generación de respaldo	47
3.4. Presupuesto.....	48
3.5. Impacto del proyecto.....	51
CONCLUSIONES.....	52
REFERENCIAS.	53

TABLA DE FIGURAS

Figura 1: Fusibles para transformadores.....	16
Figura 2: Vaporizador de azufre.....	17
Figura 3: Ventilador brezeer 36.....	17
Figura 4: Motor trifásico	18
Figura 5: Bombillo led.....	18
Figura 6: Estación de fumigación	19
Figura 7: Estación de riego.....	20
Figura 8: Unidad de bombeo.....	20
Figura 9: Fusibles para transformadores.....	27
Figura10: Descargador de sobretensión de oxido metálico 12KV, 10KA para líneas aéreas de 11,4KV y 13,2KV.....	28
Figura 11: Montaje sistema de puesta a tierra.....	29
Figura 12: Ejemplo uso de la norma LA202.....	30
Figura 13: Circuito primario sencillo construcción tangencial.....	30
Figura 14: Ejemplo uso de la norma LA206.....	31
Figura 15: Circuito primario sencillo cambio de ángulo a 90° con retención horizontal.....	31
Figura 16: Ejemplo uso de la norma LA209.....	32
Figura 17: Circuito primario sencillo derivación a 90° con retención inferior.....	32
Figura 18: Ejemplo uso de la norma LA213.....	33
Figura 19: Retención doble simétrica de circuito primario sencillo.....	33
Figura 20: Ejemplo uso de la norma LA211 y CTU520.....	34
Figura 21: Final de circuito primario sencillo.....	34
Figura 22: Montaje en poste de transformador trifásico para servicio dedicado con circuito primario sencillo.....	35
Figura 23: Ejemplo uso de la norma LA320.....	36
Figura 24: Circuito secundario sencillo en conductor trenzado construcción en línea.....	36
Figura 25: Ejemplo uso de la norma LA321.....	37
Figura 26: Final de circuito secundario sencillo en conductor trenzado.....	37
Figura 27: Cable ACSR 2 AWG 15kv.....	37
Figura 28: Capacidad de corriente permisible en conductores aislados para 0 a 2000v.....	38
Figura 29: Diagrama unifilar diseño de red.....	43
Figura 30: Constante de regulación baja tensión.....	44
Figura 31: Constante de regulación media tensión.....	47

TABLA DE TABLAS

Tabla 1: Cuadro de carga iluminación.....	22
Tabla 2: Cuadro de carga estaciones.....	22
Tabla 3: Cargas transformador 1.....	23
Tabla 4: Cargas transformador 2.....	24
Tabla 5: Cargas transformador 3.....	24
Tabla 6: Cargas transformador 4.....	24
Tabla 7: Cargas transformador 5.....	25
Tabla 8: Cargas transformador 6.....	25
Tabla 9: Cargas transformador 7.....	26
Tabla 10: Cargas transformador 8.....	26
Tabla 11: Cargas transformador 9.....	26
Tabla 12: Fusibles seleccionados.....	28
Tabla 13: Calibre y protecciones bajantes transformadores.....	38
Tabla 14: Calibre y protecciones baja tensión transformador 1.....	39
Tabla 15: Calibre y protecciones baja tensión transformador 2.....	40
Tabla 16: Calibre y protecciones baja tensión transformador 3.....	40
Tabla 17: Calibre y protecciones baja tensión transformador 4.....	40
Tabla 18: Calibre y protecciones baja tensión transformador 5.....	40
Tabla 19: Calibre y protecciones baja tensión transformador 6.....	41
Tabla 20: Calibre y protecciones baja tensión transformador 7.....	41
Tabla 21: Calibre y protecciones baja tensión transformador 8.....	41
Tabla 22: Calibre y protecciones baja tensión transformador 9.....	42
Tabla 23: Calculo regulación baja tensión.....	45
Tabla 24: Calculo regulación media tensión.....	47
Tabla 25: Capacidad grupo electrógeno.....	48
Tabla 26: Precio estructuras media y baja tensión.....	48
Tabla 27: Precio transformadores eléctricos	48
Tabla 28: Precio sistema de puesta a tierra para transformadores	49
Tabla 29: Precio de conductores eléctricos en media y baja tensión	49
Tabla 30: Precio protecciones media tensión.....	49
Tabla 31: Precio protecciones baja tensión.....	50
Tabla 32: Precio aproximado del proyecto.....	50

CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN

1.1.Descripción del problema y justificación

The Elite Flower S.A.S. es una compañía encargada de la producción y comercialización en el sector floricultor. La compañía tiene como objeto social la producción especializada de flor de cortebajo cubierta y al aire libre, la cual es sembrada en un campo de más de 250 hectáreas. Entre las variedades que se comercializan se encuentran las rosas, las astromelias, las gerberas, la empresa cuenta con más de 30 fincas las cuales están ubicadas en Cundinamarca, Antioquia, Ecuador y en África. En una de las fincas llamada “el colegio” decidieron implementar 33 invernaderos con el fin de aumentar la producción de flores, pero no cuentan con red de media ni de baja tensión, igualmente no cuentan con un diseño de esta, por tal motivo requieren un diseño de redes eléctricas en media tensión y baja tensión para alimentar las cargas de cada uno de los invernaderos.

Con esto se esperaría alimentar cargas tales como, sublimación, iluminación, ventilación, unidades de fumigación entre otras, que se requieren para aumentar la producción de flores.

1.2.Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Diseñar la red de distribución eléctrica de media y baja tensión para 33 invernaderos de la empresa Elite Flowers ubicada en Facatativá en el departamento de Cundinamarca.

1.2.2. Objetivos específicos

- Diseñar los cuadros de cargas de los diferentes equipos eléctricos que comprenden los invernaderos.
- Calcular los diferentes transformadores y sus respectivas protecciones considerando las cargas de cada invernadero y áreas sociales.
- Seleccionar las estructuras de media tensión y baja tensión, calibre de los conductores, protecciones y sistema de generación de respaldo.
- Determinar un presupuesto de obra eléctrica a partir de los materiales y las unidades constructivas necesarias.

1.2.3. Acotaciones

- La implementación del proyecto se dará en el tiempo que la empresa lo establezca, por lo tanto, esta fuera del alcance del trabajo.
- Se Utilizará el software AutoCAD para realizar el diseño de las redes eléctricas.
- Para la especificación de las estructuras nos basaremos por la normativa Enel-condensa.
- Aplicar con conformidad la norma Retie, NTC 2050 y Enel-condensa en el diseño de media y baja tensión.

1.3.Marco teórico

1.3.1. Transformadores eléctricos

Es una máquina estática que utiliza el principio de inducción electromagnética entre las bobinas del estator para convertir las señales CA de un circuito a otro, estas bobinas se encuentran enlazadas por un campo magnético variable, con el fin de cambiar niveles de tensión corriente a igual frecuencia, a su vez manteniendo la potencia constante [1].

1.3.2. Acometida eléctrica

La acometida eléctrica es la parte de la instalación eléctrica que se construye desde las redes de distribución hasta las instalaciones del usuario, se encuentran de forma aérea y subterránea, comprende de elementos tales como: conductores, ductos, tablero general de acometidas, armario de medidores y los accesorios necesarios para llevar alimentación eléctrica [2].

1.3.3. Sistemas de distribución eléctrica

La distribución de energía eléctrica es la parte del sistema de suministro eléctrico en donde la energía es conducida desde las subestaciones de alta tensión hasta las subestaciones de distribución de media y baja tensión[3].

1.3.4. Red de media tensión

Conjuntos de equipos que se utilizan para transportar la energía eléctrica desde una subestación de distribución hasta un centro de transformación de media tensión, sus niveles de tensión suelen ser de 11.4kv, 13.2kv y 34.5kv [4].

1.3.5. Red de baja tensión

Conjunto de elementos o equipos que se usan para transportar la energía eléctrica en tensiones inferiores o igual a 1000V. Este tipo de redes son las comúnmente utilizadas para transportar la energía eléctrica desde los transformadores de distribución hasta los usuarios finales [3].

1.3.6. Conductores eléctricos

Son los encargados del transporte de la energía eléctrica, los materiales comúnmente más utilizados son el aluminio y el cobre. El aluminio por su beneficio conductividad-peso y bajo costo, el cobre es utilizado en cables de alta capacidad debido a su alta conductividad.

1.3.7. Protecciones eléctricas

Dispositivos útiles para proteger los equipos y las instalaciones eléctricas cuando el funcionamiento habitual presenta fallas, los comúnmente más utilizados son: interruptores termomagnéticos, relés térmicos, interruptor diferencial, seccionadores, entre otros [3].

1.3.8. Invernadero

Estructura semicilíndrica que tienen la facilidad de producir condiciones de temperatura y humedad ideales para cultivar plantas durante el invierno, o en sectores donde las condiciones climáticas no son las adecuadas[6].

1.3.9. Aisladores eléctricos

Son elementos de poca conductividad eléctrica, diseñado de tal forma que permita dar un soporte rígido a los conductores y aislarlos eléctricamente de otros conductores, estructuras y de tierra. Para redes de media tensión es común encontrar aisladores de porcelana tipo poste y cadena de aisladores de suspensión, para baja tensión son utilizados los aisladores tipo carrete [3].

1.3.10. Puesta a tierra

La puesta a tierra es un mecanismo de seguridad que forma parte de toda instalación eléctrica y su función consiste en conducir eventuales desvíos de la corriente hacia la tierra, impidiendo que el usuario entre en contacto con la electricidad [7].

1.3.11. Planta de respaldo

Una planta eléctrica es un equipo que genera energía en tal caso que se presente una falla en la red pública, con el fin de garantizar la continuidad en los procesos de producción. Además, se puede ser útil en lugares donde no hay energía[3].

1.3.12. Postes

Los postes son los soportes de los cables de las redes aéreas de distribución, estos pueden ser de concreto, metálicos o madera y sus características de peso, longitud y resistencia [8].

1.3.13. Subestación aérea

Una subestación aérea es aquella que está conformada por un transformador de distribución no mayor a 225KVA, también cuenta con sus respectivas protecciones, así mismo cuenta con algunos accesorios indispensables para su montaje y correcto funcionamiento [9].

CAPÍTULO 2 – METODOLOGÍA

2.1. Levantamiento del terreno

Se realizó una visita a los lugares donde se están implementando los nuevos invernaderos, con el fin de revisar el estado del terreno y los posibles lugares donde se implementaría la red de media y baja tensión, sitios estratégicos donde se ubicarán los transformadores.

2.2. Criterio selección de transformadores

2.2.1. Nivel de tensión nominal

Para la selección del transformador con respecto al nivel de tensión nominal, se tendrá en cuenta el nivel de tensión del circuito primario del municipio, en este caso es Facatativá, donde el nivel de tensión es de 11.4KV, por otro lado, con respecto al nivel de tensión en el secundario se manejará 220V/127V.

2.2.2. Capacidad

Para seleccionar la capacidad y la cantidad de transformadores a utilizar, se tendrá en cuenta la carga de los invernaderos, unidades de riego, unidades de fumigación, entre otras cargas, una vez seleccionados los transformadores utilizaremos las estructuras adecuadas y se ubicarán en sitios estratégicos con el fin de cumplir con la regulación de tensión.

2.3. Criterio selección estructuras en media tensión y baja tensión

Según la norma (RETIE) Las subestaciones tipo subestación se pueden instalar sin ningún tipo de contenedor auxiliar, siempre que el peso no supere los 250 kVA ni los 800 kVA, y se pueden instalar en un poste transformadores de potencia inferior o igual a 112,5 kVA y peso inferior a 600 kg. fuerza de al menos 510 kgf; Los transformadores de capacidad superior a 112,5 e inferior o igual a 150 kVA con masa inferior a 700 kgf deben instalarse en un eje con carga de rotura no inferior a 750 kgf, transformador de gran capacidad superior a 150 kVA e inferior o igual a 250 kVA En áreas urbanas, donde sea posible, deben instalarse en un eje con una resistencia de al menos 1050 kgf.[11]

2.3.1. Estructura media tensión

Según el retie las redes de distribución aéreas se deben soportar en estructuras tales como: torres, torrecillas, postes de concreto, con fin el cumplir con las distancias de seguridad las longitudes estandarizadas son 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 18, 20 o 22 m [11]. En ese orden de ideas las estructuras que se utilizarán en media tensión basadas en la normativa Enel-condesa serán:

- LA206 Circuito primario sencillo cambio de ángulo a 90° con retención horizontal. (cambio de giro)
- LA202 Circuito primario sencillo construcción tipo bandera con cruceta de 2,5 m.
- LA211 Final de circuito primario sencillo.
- CTU520 Montaje de transformador trifásico. Circuito en bandera.
- LA213 Circuito primario con doble retención.

2.3.2. Estructura baja tensión

Bajo el mismo criterio anterior, con el fin de garantizar las distancias de seguridad las longitudes estandarizadas son 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 18, 20 o 22 m [11].

- LA321 Final de circuito secundario sencillo en conductor trenzado.
- LA320 circuito secundario sencillo en conductor trenzado.

2.4 Criterio selección protecciones media y baja tensión

2.4.1 DPS

Toda subestación en tipo poste debe tener al menos en el lado primario del transformador protección contra sobre corrientes y contra sobretensiones (DPS)[11].

Los DPS debe instalarse en el camino de la corriente de impulso y lo más cerca posible de los bujes del transformador.

2.4.2. Cortacircuitos, Fusibles

Con el fin de proteger el sistema eléctrico contra sobretensiones se instalan los cortacircuitos con sus respectivos fusibles. Nos basaremos con la siguiente información.

- ET505 Fusibles para transformadores de distribución tipo dual

Símbolo	Referencia	Capacidad nominal del transformador a proteger en kVA		
		Código	Monofásico	Trifásico
			11kV - 13,2	11kV - 13,2
f ₂₁	0,4	170845	5, (10 en 13,2)	15
f ₄₀	0,6	170871	10 en 11,4	
f ₂₃	1	170825	15	30
f ₂₅	1,4	170848	30	45
f ₂₆	2,1	170822		75
f ₂₇	3,1	170830	45	
f ₃₆	4,2	170007		112.5
f ₃₀	5,2	170826		150
f ₃₂	7,8	170851		225
f ₃₃	10,4	170828		300

Figura 1 Fusibles para transformadores. [14]

2.4.3. Protecciones en baja tensión

Toda instalación eléctrica debe estar garantizada baja protecciones con elementos como: interruptor diferencial, interruptores termomagnéticos, puesta a tierra, etc.

2.5. Criterio selección conductores

2.5.1 Conductores en Media tensión

En las redes de distribución se podrán utilizar cables desnudos, semiaislados o aislados, siempre y cuando cumplan con la sección 25.8 del RETIE.

Por lo general se utiliza el conductor ASCR 2 aluminio.

2.5.2. Conductores en baja tensión

Los conductores deben tener una capacidad de corriente suficiente para transportar la corriente para la que se ha calculado la carga, según la Sección 220 del RETIE.

2.6.Criterio selección planta de respaldo

Para la selección de las plantas de respaldo se tendrá en cuenta la capacidad de cada transformador calculado, además se debe tener en cuenta las pérdidas de potencia debido a la altura sobre el nivel del mar.

CAPÍTULO 3– RESULTADOS

3.1.Memorias de cálculo

Las cantidades de equipos (sublimación, ventilación, iluminación, ducto), fueron tomados luego de una indagación con los supervisores de las fincas que nos dieron los datos con respecto a un invernadero ideal (llamado en la empresa) el cual es de un área de 10893 m².

3.1.1.Sublimación



Figura 2 Vaporizador de azufre. Autoría

Equipo: Vaporizador de azufre

Cantidad: 200 por bloque ideal

Potencia: 40W

Voltaje: 220V

Tipo de conexión: Trifásico

3.1.2.Ventilación



Figura 3 Ventilador breezer-36. Autoría

Equipo: Ventilador

Cantidad: 10 por bloque ideal

Potencia: 0.5 hp

Voltaje: 220V

Tipo de conexión: Trifásico

3.1.3.Ducto



Figura 4 Motor Trifásico. Autoría

Equipo: Motor trifásico

Cantidad: 2 por bloque ideal

Potencia: 660 W

Voltaje: 220V

Tipo de conexión: Trifásico

3.1.4.Iluminación



Figura 5 Bombilla Led. Autoría

Equipo: Bombillo led

Cantidad: 1982 por bloque ideal

Potencia: 15 W

Voltaje: 220V

Tipo de conexión: Bifásico

Para calcular la cantidad de equipos necesarios por bloque(Invernadero) la compañía se basa en la regla de 3, teniendo solo estándar los equipos para un bloque de área ideal(10893).

$$\text{Cantidad equipos} = \frac{\text{equipos por área ideal} \times \text{área ideal invernadero}}{\text{área invernaderos}} (1)$$

3.1.5.Unidad de fumigación



Figura 6 Estación de fumigación. Autoría

Equipo: Ducha eléctrica

Cantidad: 3 por unidad

Potencia: 3200W

Voltaje: 220V

Tipo de conexión: Bifásica

Equipo: Bomba

Cantidad: 1 por unidad

Potencia: 3hp 2238W

Voltaje: 220V

Tipo de conexión: Trifásica

3.1.6.Unidad de riego



Figura 7 Estación de riego. Autoría

Equipo: Bombas trifásicas
Cantidad: 2hp (2), 3hp (2)
Potencia: 10hp
Voltaje: 220V
Tipo de conexión: Trifásica

3.1.7 Unidad de bombeo

Para estas unidades no existe una estándar, puesto que las diseñan de acuerdo con el caudal de los reservorios, en este proyecto existe 3 unidades de bombeo.



Figura 8 Unidad de bombeo. Autoría.

- **Unidad de bombeo 1**

Equipo: Bombas trifásicas
Cantidad: 50hp(2), 4hp(3)
Potencia: 112hp
Voltaje: 220V
Tipo de conexión: Trifásica

- **Unidad de bombeo 2**

Equipo: Bombas trifásicas
Cantidad: 40hp (2), 4hp (4)
Potencia: 86hp
Voltaje: 220V
Tipo de conexión: Trifásica

- **Unidad de bombeo 3**

Equipo: Bombas trifásicas

Cantidad: 30hp (1), 40hp (1), 4hp (2)

Potencia: 78hp

Voltaje: 220V

Tipo de conexión: Trifásica

Bloque	Área	Iluminación				
		Carga c/u [KW]	Cantidad	Carga total[KW]	Voltaje[V]	Corriente[A]
76	5222	0,015	950	14,25227761	220	64,78308004
77	6630	0,015	1206	18,09509777	220	82,25044441
78	10489	0,015	1908	28,62737262	220	130,124421
79	3001	0,015	546	8,190556321	220	37,22980146
80	10893	0,015	1982	29,73	220	135,1363636
81	8366	0,015	1522	22,83312035	220	103,7869107
82	10893	0,015	1982	29,73	220	135,1363636
83	10893	0,015	1982	29,73	220	135,1363636
84	9945	0,015	1810	27,14264665	220	123,3756666
85	10893	0,015	1982	29,73	220	135,1363636
86	9945	0,015	1810	27,14264665	220	123,3756666
87	10893	0,015	1982	29,73	220	135,1363636
89	8492	0,015	1545	23,17700909	220	105,3500413
90	8553	0,015	1556	23,3434949	220	106,106795
91	7577	0,015	1379	20,67972184	220	93,99873564
92	7679	0,015	1397	20,95810796	220	95,26412709
93	7577	0,015	1379	20,67972184	220	93,99873564
94	6357	0,015	1157	17,35000551	220	78,8636614
95	7313	0,015	1331	19,95919306	220	90,72360482
96	9146	0,015	1664	24,96195538	220	113,4634336
97	10893	0,015	1982	29,73	220	135,1363636
99	10893	0,015	1982	29,73	220	135,1363636
101	10893	0,015	1982	29,73	220	135,1363636
102	9708	0,015	1766	26,49580832	220	120,4354924
103	10867	0,015	1977	29,65903883	220	134,8138129
104	8367	0,015	1522	22,83584963	220	103,7993165
105	5209	0,015	948	14,21679703	220	64,62180466
106	10598	0,015	1928	28,92486367	220	131,4766531
107	5209	0,015	948	14,21679703	220	64,62180466
108	9544	0,015	1737	26,04820711	220	118,4009414
109	11378	0,015	2070	31,05369871	220	141,1531759
110	11050	0,015	2011	30,15849628	220	137,084074
111	5209	0,015	948	14,21679703	220	64,62180466

Tabla 1 Cuadros de carga iluminación. Autoría

En la tabla 1 se puede observar el cuadro de cargas de iluminación para los 33 invernaderos, por motivo de espacio en la parte de anexos se encuentran los demás cuadros de cargas.

UNIDAD ES	CANTIDAD EQUIPOS		CARGA EQUIPO		voltaje[V]	CORRIENTE	
	Duchas eléctricas	bomba s	duchas [KW]	bombas[K W]		duchas [A]	bombas[A]
EF82	3	1	9,6	2,238	220	45,933014 35	6,1179446 14
EF85	3	1	9,6	2,238	220	45,933014 35	6,1179446 14
EF95	3	1	9,6	2,238	220	45,933014 35	6,1179446 14
EF99	3	1	9,6	2,238	220	45,933014 35	6,1179446 14
ER82	0	4	0	7,46	220	0	20,393148 71
ER85	0	4	0	7,46	220	0	20,393148 71
ER95	0	4	0	7,46	220	0	20,393148 71
EB1	0	5	0	83,552	220	0	228,40326 56
EB2	0	6	0	64,156	220	0	175,38107 89
EB3	0	4	0	58,188	220	0	159,06656

Tabla 2 Cuadro de carga estaciones. Autoría

Donde:

EF= Estación fumigación

ER= Estación riego

EB= Estación bombeo

3.2.Calculo transformador y protecciones

A continuación, se evidenciará la carga con la cual se escogieron las capacidades de los transformadores, teniendo en cuenta el nivel de tensión primario y secundario.

Cabe resaltar que la carga de iluminación solo estará en funcionamiento en las noches, en este orden de ideas la carga de iluminación nunca estará encendida al tiempo con el resto de las cargas.

- **Transformador 1**

TR 1			150[KVA]
Etiquetas de fila	Suma de Carga iluminación [kW]	Suma de carga restante [kW]	Suma de Carga total invernadero[kW]
94	17,35000551	8,177133021	25,52713853
95	19,95919306	9,208345727	29,16753879
96	24,96195538	11,18555586	36,14751125
97	29,73	13,07	42,8
99	29,73	13,07	42,8
EF95		11,838	11,838
EF99		11,838	11,838
ER95		7,46	7,46
Total general	121,731154	85,84703461	207,5781886

Tabla 3 Cargas transformador 1. Autoría

- **Capacidad:** 150KVA
- **Tensión nominal:** 11.4KV/220V/127V
- **Frecuencia:** 60 HZ
- **Conexión:** DY5
- **Tipo:** Refrigerado en aceite

- **Transformador 2**

TR 2			150[KVA]
Etiquetas de fila	Suma de Carga iluminación [kW]	Suma de carga restante [kW]	Suma de Carga total invernadero[kW]
90	23,3434949	10,54590196	33,88939686
91	20,67972184	9,493115762	30,1728376
92	20,95810796	9,603140549	30,56124851
93	20,67972184	9,493115762	30,1728376
101	29,73	13,07	42,8
103	29,65903883	13,04195447	42,7009933
Total general	145,0500854	65,2472285	210,2973139

Tabla 4 Cargas transformador 2. Autoría

- **Capacidad:** 150KVA
- **Tensión nominal:** 11.4KV/220V/127V
- **Frecuencia:** 60 HZ
- **Conexión:** DY5
- **Tipo:** Refrigerado en aceite

- **Transformador 3**

TR 3			112.5[KVA]
Etiquetas de fila	Suma de Carga iluminación [kW]	Suma de carga restante [kW]	Suma de Carga total invernadero[kW]
103	29,65903883	13,04195447	42,7009933
104	22,83584963	10,34526852	33,18111815
EB3		58,188	58,188
Total general	52,49488846	81,57522299	134,0701114

Tabla 5 Cargas transformador 3. Autoría

- **Capacidad:** 112.5KVA
- **Tensión nominal:** 11.4KV/220V/127V
- **Frecuencia:** 60 HZ
- **Conexión:** DY5
- **Tipo:** Refrigerado en aceite

- **Transformador 4**

TR 4			112.5[KVA]
Etiquetas de fila	Suma de Carga iluminación[kW]	Suma de carga restante[kW]	Suma de Carga total invernadero[kW]
82	29,73	13,07	42,80
84	27,14	12,05	39,19
86	27,14	12,05	39,19
EF82		11,84	11,84
ER82		7,46	7,46
Total general	84,01529331	56,46283338	140,4781267

Tabla 6 Cargas transformador 4. Autoría

- **Capacidad:** 112.5 KVA
- **Tensión nominal:** 11.4KV/220V/127V
- **Frecuencia:** 60 HZ
- **Conexión:** DY5
- **Tipo:** Refrigerado en aceite

- **Transformador 5**

TR 6			112.5[KVA]
Etiquetas de fila	Suma de Carga iluminación [kW]	Suma de carga restante [kW]	Suma de Carga total invernadero[kW]
76	14,25227761	6,952837602	21,20511521
77	18,09509777	8,471611126	26,5667089
EB1		83,552	83,552

Total, general	32,34737538	98,97644873	131,3238241
---------------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Tabla 7 Cargas transformador 5. Autoría

- **Capacidad:** 112.5KVA
- **Tensión nominal:** 11.4KV/220V/127V
- **Frecuencia:** 60 HZ
- **Conexión:** DY5
- **Tipo:** Refrigerado en aceite.

• **Transformador 6**

TR 6			112.5[KVA]
Etiquetas de fila	Suma de Carga iluminación[kW]	Suma de carga restante[kW]	Suma de Carga total invernadero[kW]
78	28,63	12,63	41,26
79	8,19	4,56	12,75
EB2		64,16	64,16
Total general	36,81792895	81,34731736	118,1652463

Tabla 8 Cargas transformador 6. Autoría

- **Capacidad:** 112.5 KVA
- **Tensión nominal:** 11.4KV/220V/127V
- **Frecuencia:** 60 HZ
- **Conexión:** DY5
- **Tipo:** Refrigerado en aceite

• **Transformador 7**

TR 7			75[KVA]
Etiquetas de fila	Suma de Carga iluminación[kW]	Suma de carga restante[kW]	Suma de Carga total invernadero[kW]
80	29,73	13,07	42,80
81	22,83	10,34	33,18
Total general	52,56312035	23,41418985	75,9773102

Tabla 9 Cargas transformador 7. Autoría

- **Capacidad:** 75KVA
- **Tensión nominal:** 11.4KV/220V/127V
- **Frecuencia:** 60 HZ
- **Conexión:** DY5
- **Tipo:** Refrigerado en aceite

- **Transformador 8**

TR 5			150[KVA]
Etiquetas de fila	Suma de Carga iluminación [kW]	Suma de carga restante [kW]	Suma de Carga total invernadero[kW]
83	29,73	13,07	42,8
85	29,73	13,07	42,8
109	31,05369871	13,59315707	44,64685578
110	30,15849628	13,23935188	43,39784816
111	14,21679703	6,938814835	21,15561186
EF85		11,838	11,838
ER85		7,46	7,46
Total, general	134,888992	79,20932379	214,0983158

Tabla 10 Cargas transformador 8. Autoría

- **Capacidad:** 150 KVA
- **Tensión nominal:** 11.4KV/220V/127V
- **Frecuencia:** 60 HZ
- **Conexión:** DY5
- **Tipo:** Refrigerado en aceite

- **Transformador 9**

TR 4			150[KVA]
Etiquetas de fila	Suma de Carga iluminación [kW]	Suma de carga restante [kW]	Suma de Carga total invernadero[kW]
87	29,73	13,07	42,8
89	23,17700909	10,48010282	33,65711191
105	14,21679703	6,938814835	21,15561186
106	28,92486367	12,75179106	41,67665473
107	14,21679703	6,938814835	21,15561186
108	26,04820711	11,61486826	37,66307537
Total general	136,3136739	61,79439181	198,1080657

Tabla 11 Cargas transformador 9. Autoría

- **Capacidad:** 150KVA
- **Tensión nominal:** 11.4KV/220V/127V
- **Frecuencia:** 60 HZ
- **Conexión:** DY5
- **Tipo:** Refrigerado en aceite

➤ **Protecciones**

Cortacircuitos(Fusible)

Símbolo	Referencia	Capacidad nominal del transformador a proteger en kVA		
		Código	Monofásico	Trifásico
			11kV - 13,2	11kV - 13,2
f ₂₁	0,4	170845	5, (10 en 13,2)	15
f ₄₀	0,6	170871	10 en 11,4	
f ₂₃	1	170825	15	30
f ₂₅	1,4	170848	30	45
f ₂₆	2,1	170822		75
f ₂₇	3,1	170830	45	
f ₃₆	4,2	170007		112.5
f ₃₀	5,2	170826		150
f ₃₂	7,8	170851		225
f ₃₃	10,4	170828		300

Figura 9 Fusibles para transformadores [14].

En la figura 9 se presenta la referencia del fusible para diferentes capacidades de transformadores, el criterio de selección rige bajo el nivel de tensión primaria y la capacidad del transformador.

En este orden de idea el fusible seleccionado para cada transformador está basado en la imagen anterior.

Transformador	Capacidad transformador[KVA]	Referencia fusible
1	150	5,2
2	150	5,2
3	112.5	4,2
4	112,5	4,2
5	112,5	4,2
6	112,5	4,2
7	75	2,2
8	150	5,2
9	150	5,2

Tabla 12 Fusibles seleccionados. Autoría

DPS

Los transformadores dispondrán equipos de protección contra sobretensiones (DPS), que garantizarán el nivel de protección necesario para el tipo de subestación a construir.

En la siguiente imagen se podrá observar las especificaciones del DPS a utilizarse(descargador de sobretensiones de oxido metálico 12KV Y 10KA) de la norma condesa(ET500).

ITEM	DESCRIPCIÓN		UNID	SOLICITADO	
1	Oferente				
2	Fabricante				
3	País de origen				
4	Referencia				
5	Normas de fabricación y ensayos		IEC 60099-4, ANSI C62.11		
6	Características de la red	Tensión de servicio	kV	11,4	13,2
		Tensión máx. de servicio	kV	12,5	14,5
		Frecuencia	Hz	60	
		Neutro	Rígido a tierra		
7	Tensión nominal del descargador		kV	12	
8	Tensión máxima de operación continua (MCOV) (Valor eficaz)		kV	10,2	
9	Intensidad nominal de descarga onda 8/20 mseg (valor eficaz mínimo)		kA	10	
10	Tensión residual	P/intens. Nominal de descarga con onda de 8/20 mseg (valor de cresta a 10 kA)	kV	32,1-44	
		A 10 kA con impulso de frente escarpado en 0,5mseg	kV	35,3-50	
11	Intensidad	Con onda de 4/10 mseg (Valor de cresta)	kA	100	
		Con onda rectangular de 2000mseg. (valor de cresta)	A	250	
12	Tensiones de prueba de la aislación externa	A 60 Hz (1 min. en seco)	kV	31	
		A 60 Hz (10 seg. Bajo lluvia)	kV	27	
		A onda de impulso de 1,2/50 mseg (valor de cresta)	kV	85	
13	Corriente de fuga a la tierra	A 7,6 kV	mA	*	
		A 10,2 kV	mA	*	
		A 13,6 kV	mA	*	
14	Posee desconector de puesta a tierra?		Si/no		
15	Capacidad de disipación de energía a la tensión MCOV		kJ/kV	>=1,8	
16	Material del aislador				

Figura 10 Descargar de sobretensión de oxido metálico 12KV, 10KA para líneas aéreas de 11,4KV y 13,2KV[15].

Puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra estará conformado por un electrodo para puesta a tierra una varilla cobrizada de 5/8" x 2,44m, con su respectivo conector y como medio de conexión hasta tierra se utiliza alambre de cobre o cobrizada (copperweld) No 4 AWG, esto según la norma condesa LAR400.

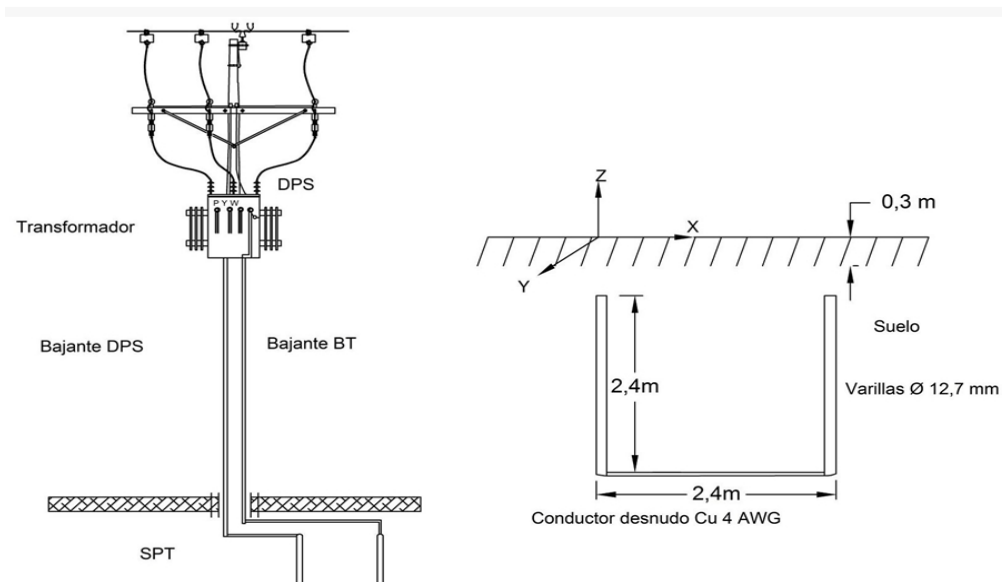


Figura 11 Montaje sistema de puesta a tierra[16].

3.3. Normativa y diseño de la red

3.3.1. Estructuras En Media Tensión

El diseño se realizó con una distancia entre estructura de media tensión no mayor a 70 metros que dice la norma NTC2050.[10]

Los postes serán en concreto 1050kg por petición de la empresa.

En los anexos se encuentran las convenciones para el levantamiento y diseño de red de media y baja tensión empleadas por el operador de red Enel-codensa.

➤ LA202

Circuito primario sencillo construcción tangencial. Donde se tiene un trazado con un ángulo no mayor a 15° , entre cocido entre postes. se refleja en la siguiente figura.



Figura 12 Ejemplo uso de la norma LA202. autoría

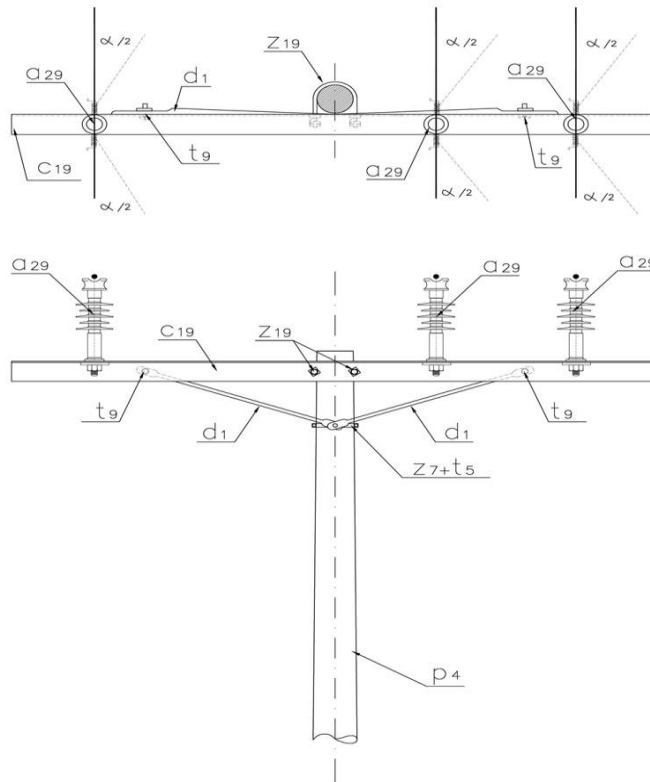


Figura 13 Circuito primario sencillo construcción tangencial[17].

➤ LA206

Circuito primario sencillo cambio de ángulo a 90° con retención horizontal, esta estructura es utilizada cuando se quiere dar un giro de 90° al circuito primario, como se observa en la siguiente figura.

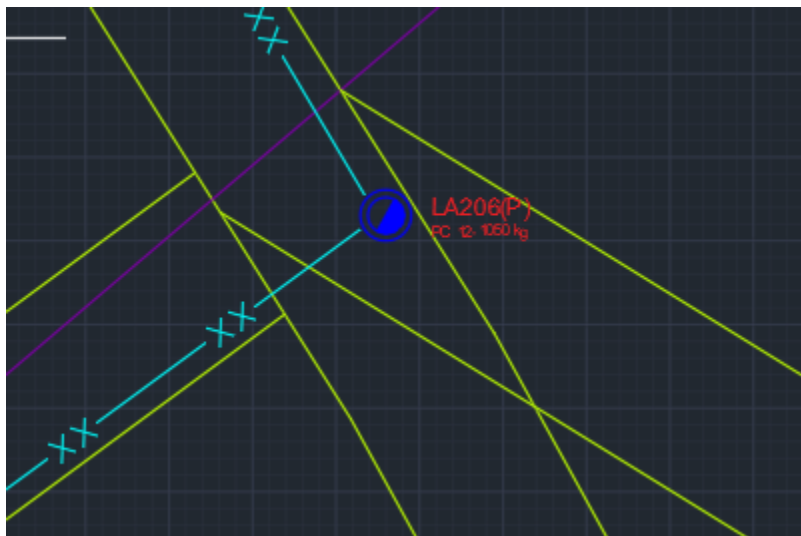


Figura 14 Ejemplo uso de la norma LA206. autoría

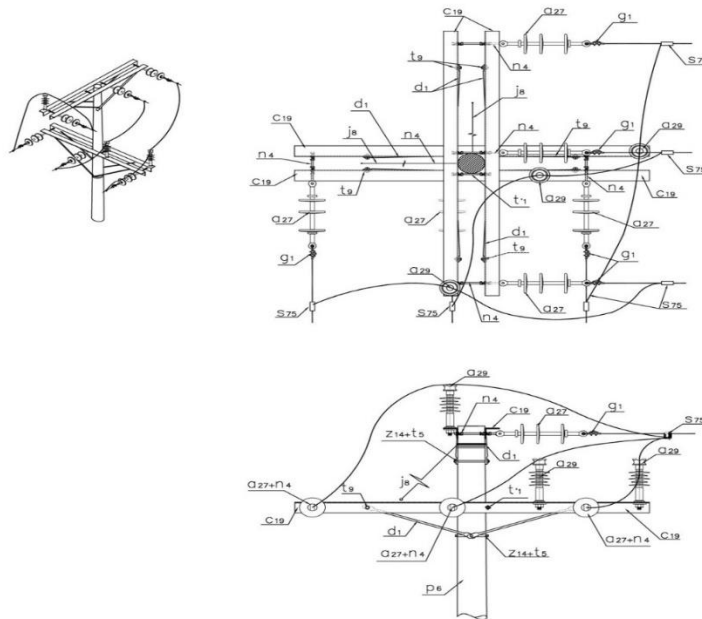


Figura 15 Circuito primario sencillo cambio de ángulo a 90° con retención horizontal[18].

➤ LA209

Circuito primario sencillo derivación a 90° con retención inferior, esta estructura se enfoca para derivaciones áreas, con ángulos no superiores a 90 °, tal y como se muestra en la siguiente figura.

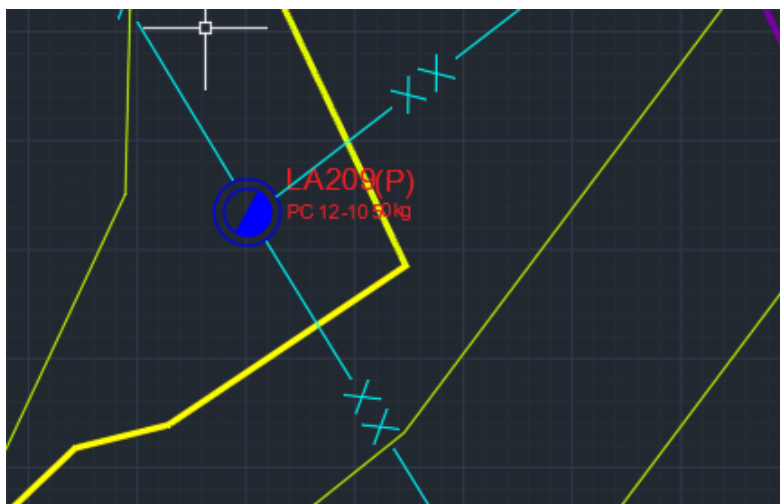


Figura 16 Ejemplo uso de la norma LA209 . Autoría

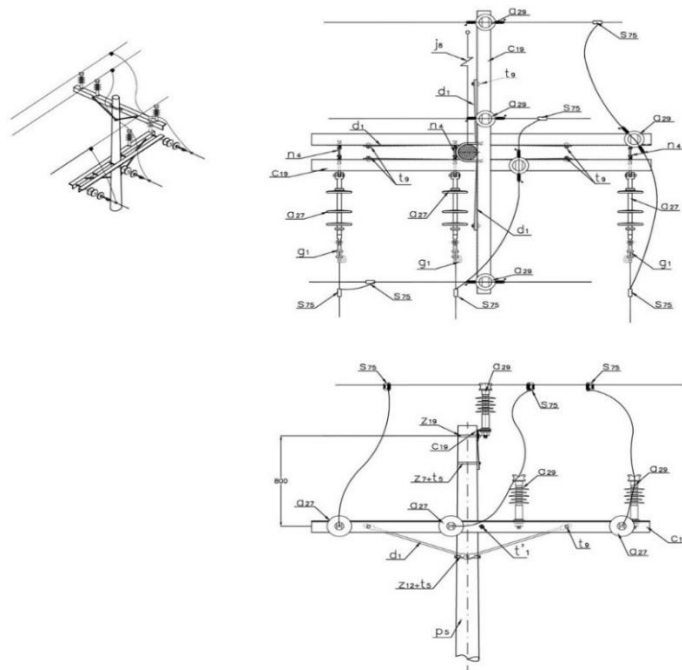


Figura 17 circuito primario sencillo derivación a 90° con retención inferior[19].

➤ LA213

Retención doble simétrica de circuito primario sencillo, esta estructura se enfoca para dar un giro no mayor a 90°.

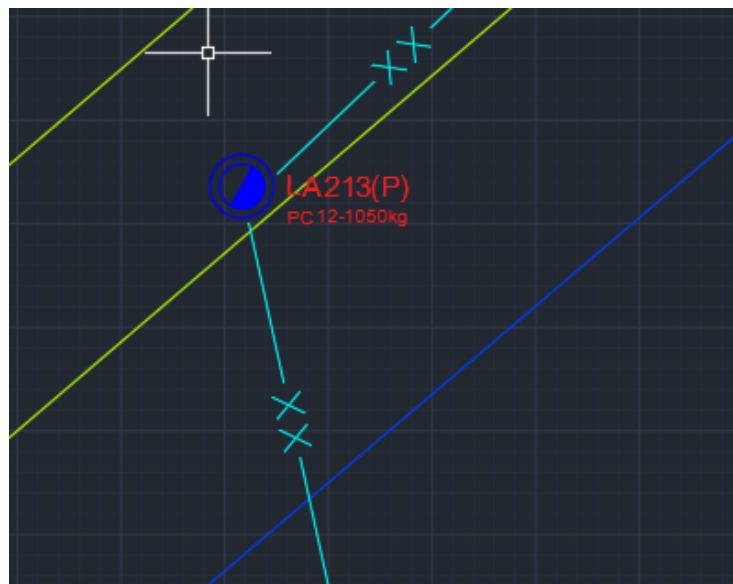


Figura 18 Ejemplo uso de la norma LA213. Autoría

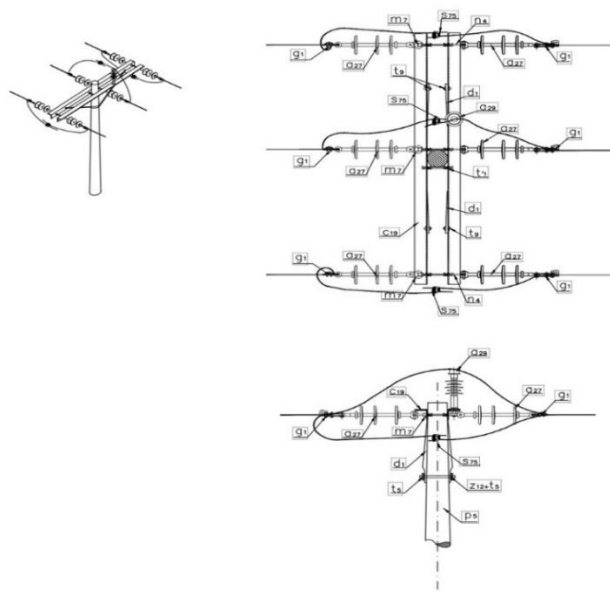


Figura 19 Retención doble simétrica de circuito primario sencillo[20].

➤ LA211 + CTU520

Final de circuito primario sencillo y Centro de distribución urbano. Montaje en poste de transformador trifásico para servicio dedicado con circuito primario sencillo, es utilizado en final de circuito primario y a su vez la instalación de un transformador no mayor a 225kva.

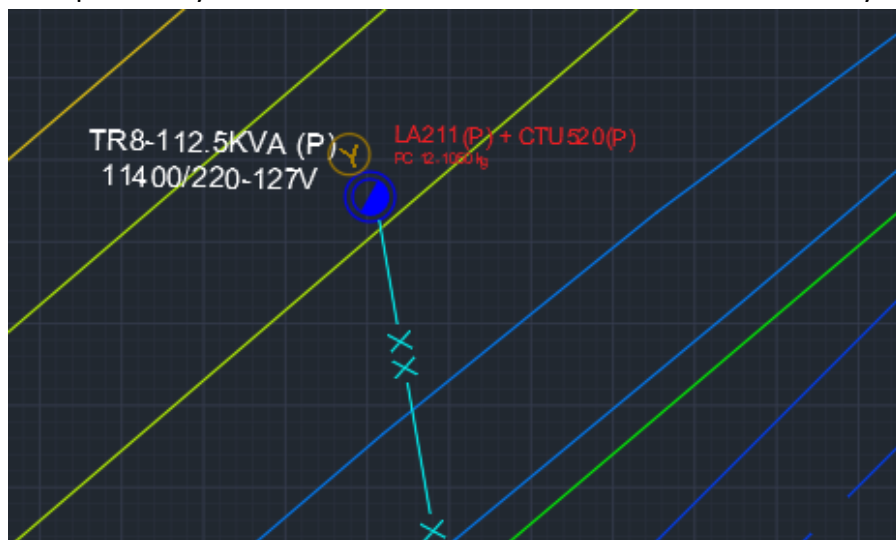


Figura 20 Ejemplo uso de la norma LA211 Y CTU520. Autoría

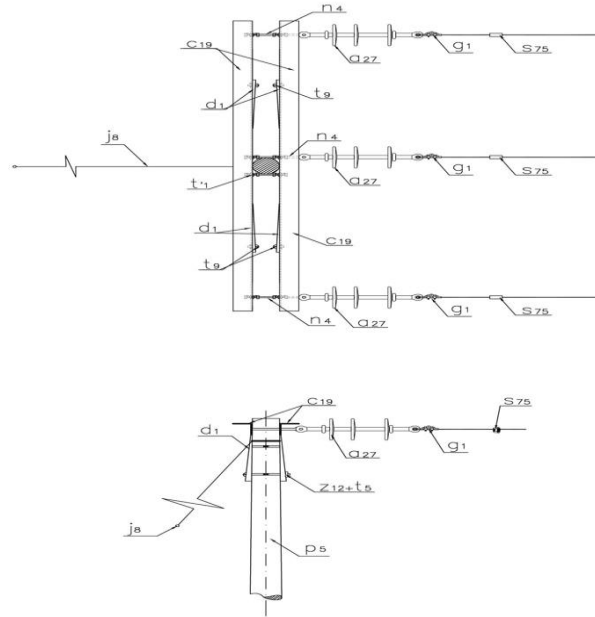


Figura 21 Final de circuito primario sencillo[21].

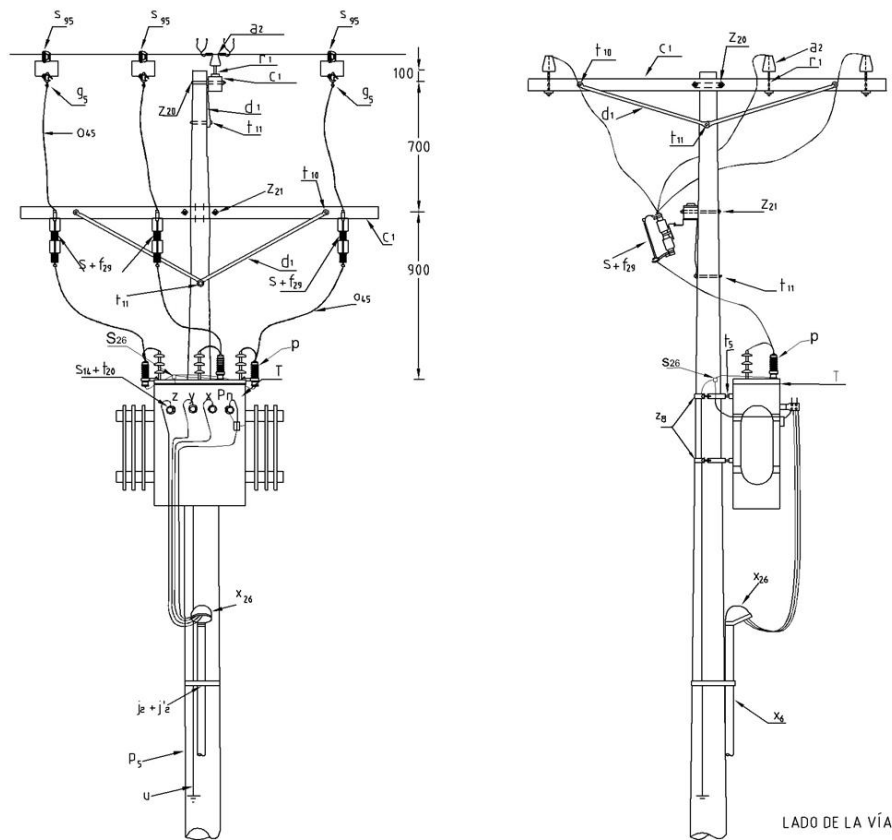


Figura 22 Montaje en poste de transformador trifásico para servicio dedicado con circuito primario sencillo [22].

Los postes para media tensión serán de 12m y 1050kg, para baja tensión serán de 10m y 510kg a petición de la compañía The Elite Flower.

3.3.2. Estructuras En Baja Tensión

El diseño se realizó con una distancia entre estructura de baja tensión no mayor a 35 metros que dice la norma NTC2050, en algunas ocasiones nos apoyaremos también en las estructuras de media tensión para llevar el trenzado[10].

➤ LA320

Circuito secundario sencillo en conductor trenzado construcción en línea.



Figura 23 Ejemplo uso de la norma LA320. Autoría

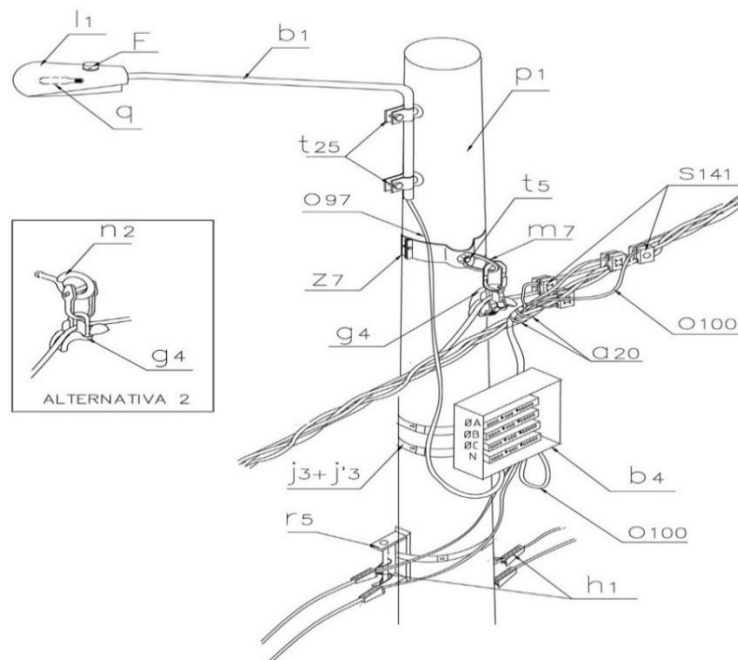


Figura 24 Circuito secundario sencillo en conductor trenzado construcción en línea[23].

➤ **LA321**

Final de circuito secundario sencillo en conductor trenzado.



Figura 25 Ejemplo uso de la norma LA321. Autoría

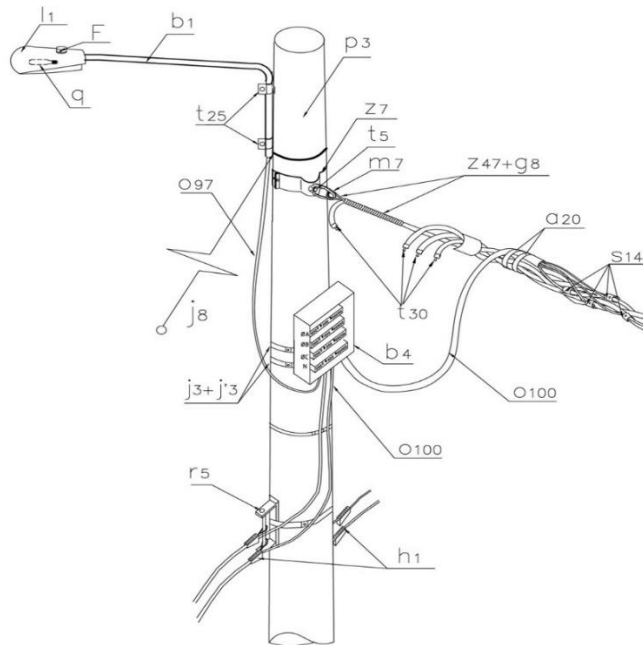


Figura 26 Final de circuito secundario sencillo en conductor trenzado[24].

Cabe resaltar que las estructuras de baja tensión no llevarán alumbrado público, puesto que no se necesitará.

3.3.3. Conductores Eléctricos

➤ **Conductor media tensión**

En las redes de distribución se podrán utilizar cables desnudos, semiaislados o aislados, siempre y cuando cumplan con la sección 25.8 del RETIE, que dice que se debe asegurar un mantenimiento adecuado a la red y subestaciones.

De la norma ENEL-CODENSA Generalidades 1.1 Normas de construcción redes aéreas se extrae “Los circuitos principales de tensión 34.5 -11.4 -13.2 kV serán de 125 mm² y 100 mm² AAAC, y los circuitos de corriente serán de ACSR 266.8 kcmil y 4/0 AWG. Los ramales se pueden construir en calibres AAAC de 63 mm² y 40 mm² y Las ramas actuales en el ACSR están construidas en 2, 1/0 y 2/0 AWG según el diseño”.

En este caso se utilizará el cable aluminio ACSR 2, puesto que el punto de conexión también está en ese calibre.



Figura 27 cable 2 ACSR 15kv [25].

➤ **Conductor baja tensión**

En la empresa solo se utiliza cable aluminio trenzado en baja tensión, ya sea 3x35mm, 3x70mm o 3x95mm, siendo este último el más utilizado, para ello calcularemos la corriente que tendrá el conductor y verificaremos que cumpla, a su vez con sus respectivas protecciones.

A continuación, mostraremos los cálculos de los conductores.

Para calcular el conductor correspondiente según la NTC 2050 nos dice que la capacidad máxima del conductor será 125% de la corriente nominal.

$$I_{\text{conductor}} = I_n \times 125\%$$

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_L} \quad (2)$$

Donde:

I_n = corriente nominal

S = potencia aparente nominal

V_L = Voltaje de línea.

Cálculo de la capacidad del calibre del conductor

$$I_{\text{conductor}} = I_{\text{nominal}} \times 125\% \quad (3)$$

Sección transv.	Temperatura nominal del conductor (ver Tabla 310-13)						Calibre
	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C	
	TIPOS TW*, UF*	TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	TIPOS TBS,SA,SS,FEP*, FEPB*,MI,RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*,THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW*, UF*	TIPOS RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	TIPOS TBS,SA,SS, THHN*, THHW*, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
mm²	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			AWG o kcmils
0,82	--	--	14	--	--	--	18
1,31	--	--	18	--	--	--	16
2,08	20*	20*	25	--	--	--	14
3,30	25*	25*	30*	20*	20*	25*	12
5,25	30	35*	40*	25	30*	35*	10
8,36	40	50	55	30	40	45	8
13,29	55	65	75	40	50	60	6
21,14	70	85	95	55	65	75	4
26,66	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,20	110	130	150	85	100	115	1
53,50	125	150	170	100	120	135	1/0
67,44	145	175	195	115	135	150	2/0
85,02	165	200	225	130	155	175	3/0
107,21	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	190	230	255	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500
304,02	355	420	475	285	340	385	600
354,69	385	460	520	310	375	420	700
380,02	400	475	535	320	385	435	750
405,36	410	490	555	330	395	450	800
456,03	435	520	585	355	425	480	900
506,70	455	545	615	375	445	500	1.000
633,38	495	590	665	405	485	545	1.250
760,05	520	625	705	435	520	585	1.500
886,73	545	650	735	455	545	615	1.750
1.013,40	560	665	750	470	560	630	2.000

Figura 28 Capacidad de corriente permisible en conductores aislados para 0 a 2 000 V [10].

➤ **Cálculo de la bajante para los transformadores y sus respectiva protección**

transformador	Capacidad[KV A]	corriente nominal[A]	Capacidad cond[A]	calibre conductor	protecciones
1	150	394,114556	492,643195	2X (3x250 Kcmils)	3x500 A
2	150	394,114556	492,643195	2X (3x250 Kcmils)	3x500 A
3	112,5	295,585917	369,4823962	3x500 Kcmils	3x400 A
4	112,5	295,585917	369,4823962	3x500 Kcmils	3x400 A
5	112,5	295,585917	369,4823962	3x500 Kcmils	3x400 A
6	112,5	295,585917	369,4823962	3x500 Kcmils	3x400 A
7	75	197,057278	246,3215975	3x250kcmils	3x250 A
8	150	394,114556	492,643195	2X (3x250 Kcmils)	3x500 A
9	150	394,114556	492,643195	2X (3x250 Kcmils)	3x500 A

Tabla 13 Calibre y protecciones bajantes transformadores. Autoría.

En la tabla anterior podemos ver el calibre de cada una de las bajantes de los diferentes transformadores, a su vez, vemos las protecciones de estas, cabe resaltar que para las

bajantes de los transformadores los conductores serán en cobre, por otro lado, algunos transformadores tendrán bajantes en paralelo para cumplir con la capacidad.

➤ Cálculo de los conductores y protecciones de cada uno de los trenzados

Como lo había mencionado anteriormente el conductor en baja tensión que llega a los invernaderos será en cable aluminio trenzado.

$$3 \times 35\text{mm} + 50\text{mm} = 3 \times 2 + 1/0 \text{ AWG}$$

$$3 \times 70\text{mm} + 50\text{mm} = 3 \times 2/0 + 1/0 \text{ AWG}$$

$$3 \times 95\text{mm} + 50\text{mm} = 3 \times 4/0 + 1/0 \text{ AWG}$$

Para las protecciones se utilizarán breakers industriales con la capacidad que tenga el conductor a elegir.

A continuación, se podrá observar la corriente, capacidad que debe tener el conductor, el calibre seleccionado y su protección para cada trenzado.

➤ Transformador 1

Transformador 1	carga iluminación [KW]	carga restante [KW]	corriente iluminación por fase [A]	Corriente restante [A]	corriente conductor [A]	calibre conductor	protecciones
trenzado 1	24,962	11,186	37,82	30,61	38,27	3x95 + 50	3x180 A
trenzado 2	59,460	37,978	90,09	103,94	129,93	3x95 + 50	3x180 A
trenzado 3	37,309	36,683	56,53	100,40	125,50	3x95 + 50	3x180 A

Tabla 14 Calibre y protecciones baja tensión transformador 1. Autoría

Trenzado 1 = invernadero 96

Trenzado 2 = invernaderos 97, 99 y EF99

Trenzado 3 = invernaderos 90, 91 y 101

➤ Transformador 2

Transformador 2	carga iluminación [KW]	carga restante [KW]	corriente iluminación por fase [A]	Corriente restante [A]	Capacidad conductor [A]	calibre conductor	protecciones
trenzado 1	71,37	41,66	108,13	114,02	142,52	3x95 + 50	3x180 A
trenzado 2	73,68	33,08	111,64	90,54	113,17	3x95 + 50	3x180 A

Tabla 15 Calibre y protecciones baja tensión transformador 2. Autoría

Trenzado 1 = Invernaderos 92,93 y 101

Trenzado 2 = Invernaderos 90,91 y 103

➤ **Transformador 3**

Transformador 3	carga iluminación [KW]	carga restante [KW]	corriente iluminación por fase [A]	Corriente restante [A]	capacidad conductor [A]	calibre conductor	protecciones
trenzado 1	0,00	58,19	0,00	159,26	199,07	3x95 + 50	3x200 A
trenzado 2	49,33	22,14	74,74	60,59	93,43	3x95 + 50	3x180 A

Tabla 16 Calibre y protecciones baja tensión transformador 3. Autoría

Trenzado 1 = EB3

Trenzado 2= Invernaderos 102,104

➤ **Transformador 4**

Transformador 5	carga iluminación [KW]	carga restante [KW]	corriente iluminación por fase [A]	Corriente restante [A]	corriente conductor [A]	calibre conductor	protecciones
trenzado 1	29,730	32,368	45,05	88,59	110,74	3x95 + 50	3x180 A
trenzado 2	54,285	24,095	82,25	65,95	102,81	3x95 + 50	3x180 A

Tabla 17 Calibre y protecciones baja tensión transformador 5. Autoría

Trenzado 1 = invernadero 82, EF82 Y ER82

Trenzado 2 = invernaderos 84 Y 86

➤ **Transformador 5**

Transformador 6	carga iluminación [KW]	carga restante [KW]	corriente iluminación por fase [A]	Corriente restante [A]	corriente conductor [A]	calibre conductor	protecciones
trenzado 1	0,000	83,552	0,00	228,67	285,84	2X(3x95 + 50)	3x300 A
trenzado 2	32,347	15,424	49,01	42,22	61,26	3x95 + 50	3x180 A

Tabla 18 Calibre y protecciones baja tensión transformador 6. Autoría

Trenzado 1 = EB1

Trenzado 2 = invernaderos 77,76

➤ **Transformador 6**

Transformador 7	carga iluminación [KW]	carga restante [KW]	corriente iluminación por fase [A]	Corriente restante [A]	corriente conductor [A]	calibre conductor	protecciones
-----------------	------------------------	---------------------	------------------------------------	------------------------	-------------------------	-------------------	--------------

trenzado 1	0,000	64,156	0,00	175,59	219,49	2X(3x95 + 50)	3x300 A
trenzado 2	36,818	17,191	55,78	47,05	69,73	3x95 + 50	3x180 A

Tabla 19 Calibre y protecciones baja tensión transformador 7. Autoría

Trenzado 1 = EB2

Trenzado 2 = invernaderos 78,79

➤ Transformador 7

Transformador 8	carga iluminación [KW]	carga restante [KW]	corriente iluminación por fase [A]	Corriente restante [A]	corriente conductor [A]	calibre conductor	protecciones
trenzado 1	52,563	23,414	79,64	64,08	99,55	3x95 + 50	3x180 A

Tabla 20 Calibre y protecciones baja tensión transformador 8. Autoría

Trenzado 1 = Invernaderos 81 y 82

➤ Transformador 8

Transformador 9	carga iluminación [KW]	carga restante [KW]	corriente iluminación por fase [A]	Corriente restante [A]	corriente conductor [A]	calibre conductor	protecciones
trenzado 1	43,947	20,009	66,59	54,76	83,23	3x95 + 50	3x180 A
trenzado 2	90,942	59,201	137,79	162,03	202,53	3x95 + 50	3x180 A

Tabla 21 Calibre y protecciones baja tensión transformador 9. Autoría

Trenzado 1 = Invernaderos 83, 111

Trenzado 2 = invernaderos 85, 109, 110, EF85 Y ER85

➤ Transformador 9

Transformador 9	carga iluminación [KW]	carga restante [KW]	corriente iluminación por fase [A]	Corriente restante [A]	corriente conductor [A]	calibre conductor	protecciones
trenzado 1	69,995	31,624	106,05	86,55	132,57	3x95 + 50	3x180 A
trenzado 2	66,319	30,171	100,48	82,57	125,60	3x95 + 50	3x180 A

Tabla 22 Calibre y protecciones baja tensión transformador 10. Autoría

Trenzado 1 = Invernadero 87, 107 y 108

Trenzado 2= Invernadero 89, 105 y 106



P.Ten

3.3.5. Regulación de tensión

➤ Regulación baja tensión

Se realizó el cálculo de regulación de tensión con el fin de comprobar que el calibre seleccionado cumpla con límite máximo permitido, en este caso según la normativa codensa nos dice que cuando la acometida es exclusiva desde el transformador de distribución, el calibre de los conductores deberá ser tal que la regulación no supere el 3 % en la zona urbana y del 7 % en las redes veredales rurales [13].

En este caso es una red veredal rural.

La regulación en porcentaje se calcula con base en la siguiente ecuación.

$$\%R = M * K (4)$$

Donde:

M = Momento eléctrico, dado por el producto de la potencia en KVA a energizar y la distancia del tramo.

K= Constante de regulación del conductor.

➤ Constante de regulación

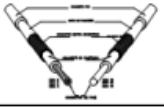
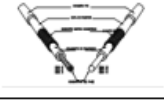
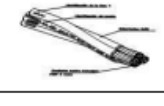
enel		CONSTANTES DE REGULACIÓN									
TIPO	APLIC	CALIBRE [AWG o Kcmil]	R Equiv [Ω/Km]	XL [Ω/Km]	K [%/kVA-m]	In, Aire [A]	In, Subt. [A]	Tensión de servicio [V]	Material	Sistema	Conductor
Conductor antifraude PE-PVC	Acometida Aérea Antifraude	CMA 14	17,85365	0,07868	1,11823E-01	18	16	120	COBRE	1φ, 2 hilos	
		CMA 12	11,38684	0,06849	7,13750E-02	24	21	120	COBRE	1φ, 2 hilos	
		CMA 10	7,30338	0,06019	4,58283E-02	33	29	120	COBRE	1φ, 2 hilos	
		CMA 8	4,64815	0,06582	2,92502E-02	43	38	120	COBRE	1φ, 2 hilos	
		CMA 6	2,91135	0,05619	1,83660E-02	58	52	120	COBRE	1φ, 2 hilos	
		CMA 4	1,80210	0,06254	1,14524E-02	79	71	120	COBRE	1φ, 2 hilos	
		CTA 10	3,67661	0,11624	0,00777	41	37	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		CTA 8	2,35617	0,11000	0,00501	57	53	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		CTA 6	1,48298	0,10449	0,00319	77	69	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		CTA 4	0,93148	0,09935	0,00204	100	91	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
Conductor antifraude PE-PVC	Acometida Aérea Antifraude	2X10 mm ²	0,02458	0,05841	2,45789E-02	24	21	120	ALUMINIO	1φ, 2 hilos	
		2X16 mm ²	2,44231	0,05228	1,54227E-02	-----	-----	120	ALUMINIO	1φ, 2 hilos	
Conductor Monopolar THW	Acometidas de BT subterráneas en ductos	500	0,07776	0,10695	2,65629E-04	-----	380	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		400	0,09720	0,10788	3,04584E-04	-----	335	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		350	0,11108	0,10890	3,35979E-04	-----	310	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		250	0,15551	0,11145	4,27666E-04	-----	255	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		4/0	0,18373	0,11076	4,81759E-04	-----	230	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		2/0	0,29215	0,11507	7,09272E-04	-----	175	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		1/0	0,36836	0,11758	8,64741E-04	-----	150	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		2	0,58578	0,11977	1,30761E-03	-----	115	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		4	0,93144	0,12524	2,01401E-03	-----	85	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		6	1,48120	0,13173	3,12320E-03	-----	65	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
Cable trenzado XLPE	Red aérea Trenzada en BT urbana	TRENZADO 2	0,87111	0,09489	1,90773E-03	160	-----	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		TRENZADO 2/0	0,43448	0,09351	9,98050E-04	240	-----	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		TRENZADO 4/0	0,27340	0,08941	6,58820E-04	325	-----	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
Red aérea Trenzada en B.T	Red de BT aérea urbana	1x35mm ² +35 mm ²	0,86800	0,10320	3,44243E-02	160	-----	120	ALUMINIO	1φ, 2 hilos	
		3x35mm ² +50 mm ²	0,87111	0,09489	1,90773E-03	160	-----	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		2x50mm ² +50 mm ²	0,64100	0,10984	8,67750E-03	205	-----	208/120	ALUMINIO	2φ, 3 hilos	
		3x70mm ² +50 mm ²	0,43448	0,09351	9,98050E-04	240	-----	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	
		3x95mm ² +50 mm ²	0,27340	0,08941	6,58820E-04	325	-----	208/120	ALUMINIO	3φ, 4 hilos	

Figura 30 Constantes de regulación baja tensión[26].

En la figura 27 se pueden observar las constantes de regulación para diferentes calibres de conductores, en este caso se implementará cable aluminio tranzado 3x95mm+50mm.

Transformador 1										
Trenzado	TRAMO		LONGITU D (m)	No. Inv. Tramo	Carga de Cálculo[KVA]	MOMENT O (kVA-m)	k REGULACIÓN N [%/kVA*m]	REGULACIÓN N (%)		CALIBRE CONDUCTOR
	Pi	Pf						P	T	
1	T1	INV96	145	1	26,3	3809,99	6,5882E-04	2,51	2,51	3X95mm+50mm
2	T1	INV99	4,7	2	62,6	294,22	6,5882E-04	0,19	0,19	3X95mm+50mm
2	INV99	INV97	74	1	31,3	2316,2	6,5882E-04	1,53	1,72	3X95mm+50mm
3	T1	INV95	25	2	39,3	982,5	6,5882E-04	0,65	0,65	3X95mm+50mm
3	INV95	INV94	110	1	18,3	2013	6,5882E-04	1,33	1,97	3X95mm+50mm
Transformador 2										
Trenzado	TRAMO		LONGITU D (m)	No. Inv. Tramo	Carga de Cálculo[KVA]	MOMENT O (kVA-m)	k REGULACIÓN N [%/kVA*m]	REGULACIÓN N (%)		CALIBRE CONDUCTOR
	Pi	Pf						P	T	
1	T2	INV101	53	3	75,11	3980,83	6,5882E-04	2,62	2,62	3X95mm+50mm
1	INV101	INV93	10	2	43,82	438,20	6,5882E-04	0,29	2,91	3X95mm+50mm
1	INV93	INV92	109	1	22,05	2403,45	6,5882E-04	1,58	4,49	3X95mm+50mm
2	T2	INV103	40,5	3	77,27	3129,44	6,5882E-04	2,06	2,06	3X95mm+50mm
2	INV103	INV91	3,5	2	46,34	162,19	6,5882E-04	0,11	2,17	3X95mm+50mm
2	INV91	INV90	109	1	24,57	2678,13	6,5882E-04	1,76	3,93	3X95mm+50mm
Transformador 3										
Trenzado	TRAMO		LONGITU D (m)	No. Inv. Tramo	Carga de Cálculo[KVA]	MOMENT O (kVA-m)	k REGULACIÓN N [%/kVA*m]	REGULACIÓN N (%)		CALIBRE CONDUCTOR
	Pi	Pf						P	T	
1	T3	EB3	55	1	58,18	3199,90	6,5882E-04	2,11	2,11	3X95mm+50mm
2	T3	INV102	4	2	51,29	205,16	6,5882E-04	0,14	0,14	3X95mm+50mm
2	INV102	INV104	222	1	23,24	5159,28	6,5882E-04	3,40	3,53	3X95mm+50mm
Transformador 4										
Trenzado	TRAMO		LONGITU D (m)	No. Inv. Tramo	Carga de Cálculo[KVA]	MOMENT O (kVA-m)	k REGULACIÓN N [%/kVA*m]	REGULACIÓN N (%)		CALIBRE CONDUCTOR
	Pi	Pf						P	T	
1	T4	82	82	1	34,06	2793,18	6,5882E-04	1,84	1,84	3X95mm+50mm
2	T4	84	5	2	57,14	285,68	6,5882E-04	0,19	0,19	3X95mm+50mm
2	84	86	92	1	28,57	2628,29	6,5882E-04	1,73	1,92	3X95mm+50mm
Transformador 5										
Trenzado	TRAMO		LONGITU D (m)	No. Inv. Tramo	Carga de Cálculo[KVA]	MOMENT O (kVA-m)	k REGULACIÓN N [%/kVA*m]	REGULACIÓN N (%)		CALIBRE CONDUCTOR
	Pi	Pf						P	T	
1	T5	EB1	90	1	87,95	7915,26	3,2941E-04	2,61	2,61	2*(3X95mm+50mm)
2	T5	INV77	7	2	34,05	238,35	6,5882E-04	0,16	0,16	3X95mm+50mm
2	INV77	INV76	87	1	15	1305,00	6,5882E-04	0,86	0,86	3X95mm+50mm

Transformador 6										
Trenzado	TRAMO		LONGITUD (m)	No. Inv. Tramo	Carga de Cálculo[KVA]	MOMENTO (kVA-m)	k REGULACIÓN N [%/kVA*m]	REGULACIÓN N (%)		CALIBRE CONDUCTOR
	Pi	Pf						P	T	
1	T6	EB2	5	1	67,53	337,63	3,2941E-04	0,11	0,11	2*(3X95mm+50mm)
2	T6	INV79	62	2	38,77	2403,74	6,5882E-04	1,58	1,58	3X95mm+50mm
2	INV79	INV78	57	2	30,14	1717,98	6,5882E-04	1,13	2,72	3X95mm+50mm
Transformador 7										
Trenzado	TRAMO		LONGITUD (m)	No. Inv. Tramo	Carga de Cálculo[KVA]	MOMENTO (kVA-m)	k REGULACIÓN N [%/kVA*m]	REGULACIÓN N (%)		CALIBRE CONDUCTOR
	Pi	Pf						P	T	
1	T7	INV81	27	2	55,32	1493,64	6,5882E-04	0,98	0,98	3X95mm+50mm
1	INV81	INV80	122	1	31,29	3817,38	6,5882E-04	2,51	3,50	3X95mm+50mm
Transformador 8										
Trenzado	TRAMO		LONGITUD (m)	No. Inv. Tramo	Carga de Cálculo[KVA]	MOMENTO (kVA-m)	k REGULACIÓN N [%/kVA*m]	REGULACIÓN N (%)		CALIBRE CONDUCTOR
	Pi	Pf						P	T	
1	T8	INV83	76	2	46,26	3515,76	6,5882E-04	2,32	2,32	3X95mm+50mm
1	INV83	INV111	14	1	14,97	209,58	6,5882E-04	0,14	2,45	3X95mm+50mm
2	T8	INV85	29	3	78,01	2262,29	6,5882E-04	1,49	1,49	3X95mm+50mm
2	INV85	INV109	14	2	46,72	654,08	6,5882E-04	0,43	1,92	3X95mm+50mm
2	INV109	INV110	78	1	31,75	2476,50	6,5882E-04	1,63	3,55	3X95mm+50mm
Transformador 9										
Trenzado	TRAMO		LONGITUD (m)	No. Inv. Tramo	Carga de Cálculo[KVA]	MOMENTO (kVA-m)	k REGULACIÓN N [%/kVA*m]	REGULACIÓN N (%)		CALIBRE CONDUCTOR
	Pi	Pf						P	T	
1	T9	INV87	37	3	73,68	2726,16	6,5882E-04	1,80	1,80	3X95mm+50mm
1	INV87	INV107	5	2	42,39	211,95	6,5882E-04	0,14	1,94	3X95mm+50mm
1	INV107	INV108	83	1	27,42	2275,86	6,5882E-04	1,50	3,44	3X95mm+50mm
2	T9	INV89	34	3	69,9	2376,60	6,5882E-04	1,57	1,57	3X95mm+50mm
2	INV89	INV105	5	2	45,5	227,50	6,5882E-04	0,15	1,72	3X95mm+50mm
2	INV105	INV106	83	1	30,53	2533,99	6,5882E-04	1,67	3,39	3X95mm+50mm

Tabla 23 Cálculo regulación baja tensión. Autoría

➤ Regulación media tensión

Se realiza el cálculo de regulación de media tensión para comprobar que el calibre seleccionado es el idóneo.

El límite máximo permitido según Codensa en la norma “Generalidades, acometidas y medidores” para media tensión es de 2% [13].

➤ **Constante de regulación**

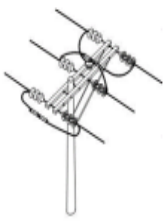
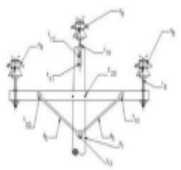
enel COLOMBIA		CONSTANTES DE REGULACIÓN								
TIPO	APLIC	CALIBRE [AWG o kcmil]	R Equiv 25 °C máx. fase [W/ Km]	XL [W/ Km]	K [% / kVA-m]	In, Aérea [A]	Tensión de Servicio [V]	Material	Sistema	
Conductor monopolar en aluminio (ACSR)	Red de M.T aérea	DISPOSICIÓN HORIZONTAL LA 113								
		266,8	0,218	0,5864	3,7936420E-08	460	34500	ALUMINIO	3φ, 3 hilos	
		4/0	0,274	0,6534	4,4669227E-08	340	34500	ALUMINIO	3φ, 3 hilos	
		2/0	0,436	0,6889	5,8218193E-08	270	34500	ALUMINIO	3φ, 3 hilos	
		1/0	0,549	0,6967	6,7125836E-08	230	34500	ALUMINIO	3φ, 3 hilos	
		2	0,874	0,7039	9,1867003E-08	180	34500	ALUMINIO	3φ, 3 hilos	
		DISPOSICIÓN TRIANGULAR LAR 102								
		266,8	0,218	0,5772	3,7600378E-08	460	34500	ALUMINIO	3φ, 3 hilos	
		4/0	0,274	0,6443	4,4333186E-08	340	34500	ALUMINIO	3φ, 3 hilos	
		2/0	0,436	0,6797	5,7882151E-08	270	34500	ALUMINIO	3φ, 3 hilos	
		1/0	0,549	0,6895	6,6789794E-08	230	34500	ALUMINIO	3φ, 3 hilos	
		2	0,874	0,6947	9,1530961E-08	180	34500	ALUMINIO	3φ, 3 hilos	

Figura 31 Constantes de regulación media tensión. Fuente [26].

En la figura 28 se observa las constantes de regulación de los calibres para circuitos primarios.

REGULACIÓN MEDIA TENSIÓN								
TRAMO		LONGITUD (m)	Carga de Cálculo[KVA]	MOMENTO (kVA-m)	k REGULACIÓN [%/kVA*m]	REGULACIÓN (%)		CALIBRE CONDUCTOR
Pi	Pf					P	T	
PC	T4	244,5	112,5	27506,25	9,1867E-08	0,00253	0,0025	2 ACSR
PC	T2	433	300,0	129900	9,1867E-08	0,01193	0,01	2 ACSR
T2	T1	142	150,0	21300	9,1867E-08	0,00196	0,0164	2 ACSR
PC	T3	635	112,5	71437,5	9,1867E-08	0,00656	0,0230	2 ACSR
PC	T9	477	600,0	286200	9,1867E-08	0,02629	0,05	2 ACSR
T9	T8	139	450,0	62550	9,1867E-08	0,00575	0,05502	2 ACSR
T8	T7	199	300,0	59700	9,1867E-08	0,00548	0,06050	2 ACSR
T7	T6	133	225,0	29925	9,1867E-08	0,00275	0,06325	2 ACSR
T6	T5	116	112,5	13050	9,1867E-08	0,00120	0,06445	2 ACSR

Tabla 24 Cálculo regulación media tensión. Autoría

3.3.6. Sistema generación de respaldo

Se implementará sistemas de generación de respaldo para cada transformador, con el fin de suplir la carga en el momento que la finca no cuente con energía.

Para el cálculo de la capacidad de estos sistemas electrógenos tendremos que tener en cuenta lo siguiente:

Se perderá un 3% de potencia cada 500m de altitud después de los 1000m sobre nivel del mar, dicho esto, Facatativá está a 2586m sobre el nivel del mar, este grupo electrógeno perdería alrededor de 9.561% [27].

Capacidad plantaKVA= Capacidad del transformador instalado[KVA] x 110% (5)

PLANTA	KVA TRANSFORMADOR	PORCENTAJE PERDIDA	KVA PLANTA
1	150	10%	165
2	150	10%	165
3	112,5	10%	123,75
4	112,5	10%	123,75
5	112,5	10%	123,75
6	112,5	10%	123,75
7	75	10%	82,5
8	150	10%	165
9	150	10%	165

Tabla 25 Capacidad Grupo electrógeno. Autoría

3.4. Presupuesto

Para el presupuesto de equipos y materiales eléctricos en media y baja tensión se ha tomado en cuenta todas la estructuras con sus respectivas herrajerías según la norma codensa. El presupuesto también contempla los transformadores, protecciones, conductores y demás elementos que se especifican en las siguientes tablas.

Cabe resaltar que no se estimaron los costos de las plantas eléctricas puesto que la compañía cuenta con estas.

Por otra parte, los costos de cada elemento a utilizarse fueron extraídos de páginas oficiales tales como: Siemens, rymel, Intereléctricas, Schneider electric entre otros.

➤ Estructuras media y baja tensión

ESTRUCTURA MEDIA TENSIÓN			
DESCRIPCIÓN	PRECIO	ESTRUCTURAS	PRECIO TOTAL
LA202	\$ 1.881.050,00	10	\$ 18.810.500,00
LA206	\$ 4.151.850,00	3	\$ 12.455.550,00
LA209	\$ 3.340.200,00	3	\$ 10.020.600,00
LA213	\$ 2.829.050,00	5	\$ 14.145.250,00
CTU520	\$ 2.891.615,00	9	\$ 26.024.535,00
ESTRUCTURA BAJA TENSIÓN			
DESCRIPCIÓN	PRECIO	ESTRUCTURAS	PRECIO TOTAL
LA320	\$ 1.081.450,00	11	\$ 11.895.950,00
LA321	\$ 1.595.650,00	8	\$ 12.765.200,00

Tabla 26 Precio estructuras media y baja tensión. Autoría

➤ **Transformadores**

TRANSFORMADORES		
TRANSFORMADORES	CAPACIDAD[KVA]	PRECIO
1	150	\$ 10.995.600,00
2	150	\$ 10.995.600,00
3	112,5	\$ 9.277.538,00
4	112,5	\$ 9.277.538,00
5	112,5	\$ 9.277.538,00
6	112,5	\$ 9.277.538,00
7	75	\$ 7.461.300,00
8	150	\$ 10.995.600,00
9	150	\$ 10.995.600,00

Tabla 27 Precio transformadores. Autoría

➤ **Puesta A Tierra**

SISTEMA PUESTA A TIERRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO C/U	PRECIO POR TRAFO	PRECIO TOTAL
Varilla coperwell 5/8x2.4m	1	\$ 225.900,00	\$ 225.900,00	\$ 2.033.100,00
Conector Bronce Para Varilla Puesta a Tierra	1	\$ 2.650,00	\$ 2.650,00	\$ 23.850,00
Alambre cobre 4 AWG	10	\$ 12.250,00	\$ 122.500,00	\$ 1.102.500,00
Soldadura Cadwell 150grm	2	\$ 23.250,00	\$ 46.500,00	\$ 418.500,00

Tabla 28 Precio sistema de puesta a tierra para transformadores. Autoría

➤ **Conductores**

CONDUCTORES ELÉCTRICOS			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD[M]	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
cable trenzado aluminio 3x95+50mm	3163	\$ 38.800,00	\$ 122.724.400,00
cable ACSR 2 AWG	1653	\$ 3.450,00	\$ 5.702.850,00

Tabla 29 Precio de conductores eléctricos en media y baja tensión. Autoría

➤ **Protecciones**

PROTECCIONES MEDIA TENSIÓN				
Descripción	Cantidad Por transformador	Cantidad total	Precio unidad	Precio total
Descargar de sobretensión de oxido metálico 12KV, 10KA	3	27	\$ 117.500,00	\$ 3.172.500,00
Fusible, cortacircuitos referencia 5,2	4	12	\$ 13.350,00	\$ 160.200,00
Fusible, cortacircuitos referencia 4,2	4	12	\$ 3.850,00	\$ 46.200,00
Fusible, cortacircuitos referencia 2,1	1	3	\$ 6.250,00	\$ 18.750,00

Tabla 30 Precio protecciones media tensión. Autoría

PROTECCIONES BAJA TENSIÓN			
Descripción	Cantidad	precio unidad	precio total
Breaker industrial 500amp	4	\$ 2.025.300,00	\$ 8.101.200,00
Breaker industrial 400amp	4	\$ 814.550,00	\$ 3.258.200,00
Breaker industrial 180amp	15	\$ 190.000,00	\$ 2.850.000,00
Breaker industrial 300amp	2	\$ 650.300,00	\$ 1.300.600,00
Breaker industrial 250amp	1	\$ 490.340,00	\$ 490.340,00

Tabla 31 Precio protecciones baja tensión. Autoría

Nota: cabe resaltar que estos precios son un costo “aproximado” del proyecto.

PRESUPUESTO APROXIMADO TOTAL	
Descripción	Precio total
Estructuras media y baja tensión	\$ 106.117.585,00
Protecciones media y baja tensión	\$ 22.975.940,00
Transformadores	\$ 88.553.852,00
Conductores media y baja tensión	\$ 128.427.250,00
Mano de obra	\$ 100.000.000,00

Tabla 32 Precio aproximado del proyecto. Autoría

3.5. Impacto del proyecto

Este proyecto trae consigo una serie de impactos, si bien el costo del proyecto es un poco elevado, los benéficos que ofrece son considerables, puesto que si no se contara con el diseño y su respectiva ejecución la compañía debería trabajar las 24 horas del día con plantas eléctricas, lo cual no es método muy rentable económicamente para la compañía.

Por otra parte, con base a la visita realizada y con información del personal de mantenimiento de la finca, se confirmó que se requiere realizar unas podas, puesto que por donde se tiene previsto pasar la red de media tensión existe una alta densidad de árboles, lo cual provocaría problemas a futuro, debido a que las ramas realizan contacto con la líneas abierta causando cortocircuitos en las misma, esto conlleva inevitablemente a realizar la podas, lo cual causaría un impacto ambiental considerable.

CONCLUSIONES

Uno de los principales problemas que se encontró a la hora de realizar el diseño de las redes eléctricas, es la falta de unificación de la normativa, si bien a nivel nacional contamos con la norma NTC 2050, cada uno de los operadores de red optó por modificar estas normas, lo cual dificulta al momento de tomar decisiones.

Se realizó satisfactoriamente el diseño, escogiendo de manera correcta las estructuras de media como de baja tensión, la protecciones eléctricas, Los transformadores , los calibres de los conductores, cumpliendo con los límites máximos permitidos de regulación de tensión establecidos por el operador de red Enel-codensa.

La compañía The Elite Flower presenta frecuentemente problemas relacionados con sobrecarga, recalentamiento en los conductores de baja tensión, caída significativas de voltaje debido al mal dimensionamiento del calibre, por tal motivo se opta por sobredimensionar el calibre de los cables para evitar futuros inconvenientes.

Para realizar el diseño de una red de media y baja tensión se debe tener en cuenta varios aspectos tales como: tener claro la carga que se desea alimentar, la normativa establecida por el operador de red, las restricciones en cuanto a espacio de ejecución de la obra, para así realizar el diseño de la mejor manera.

REFERENCIAS.

- [1] P. Sandra y L. Jose, «Tranformadores eléctricos,» Pereira , 2018
- [2] J. Garcia, «Diseño detallado de instalaciones eléctricas de media y baja tensión en la empresa PC MEJÍA INGENIERIA S.A,» Medellin , 2020.
- [3] Y. Narvaez y K. Prado, «Diseño de redes de distribución eléctrica de media y baja tensión para la normalización del barrio el piñoncito de campo de la cruz,» Barranquilla, 2013.
- [4] J. Morales, «Diseño y elaboración de estudios de alumbrado público, redes de media tensión y subestación proyecto usminia.,» Bogota , 2019.
- [5] E. Cardona, C. Gomez y A. Sanchez, «DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTARRENA Y SUBESTACIÓN PARA LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO,» Medellin , 2018.
- [6] M. Lenscak y N. Iglesias, «INVERNADEROS tecnología apropiada en las regiones productivas del territorio argentino,» *INTAEdiciones* , 2019.
- [7] P. Gomez, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PUESTAS A TIERRA PATA EL COLEGIO TECNICO INDUSTRIAL GUALACEO, BASADOS EN LAS RECOMEDACONES PRACTICAS PARA EL ATERRIZAMINETO EN SISTEMAS ELECTRICOS COMERCIALES E INDUSTRIALES D ELA IEEE, Cuenca , 2010.
- [8] S. Lopez, DISEÑO DE REDES ELÉCTRICAS DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN EN LOS DEPARTAMENTOS DE LA GUAJIRA Y MAGDALENA, Medellin , 2021.
- [9] O. Arias, LA SEGURIDAD ELÉCTRICA EN SUBESTACIONES DE 13,2KV Y 34,5KV, Bucaramanga, 2009.
- [10] Código eléctrico colombiano. (1998, Nov 25). Norma Técnica Colombiana 2050 (NTC 2050)
- [11] Reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE versión 2013. Bogotá
- [12] C. S. ESP, «Likinormas,» [En línea]. Available: https://likinormas.micodensa.com/Norma/acometidas_medidores/acometidas_elctricas/ae202_acometida_aerea_baja_tension
- [13] ENEL-CODENSA, «likinormas,» [En línea]. Available: https://likinormas.micodensa.com/Norma/acometidas_medidores/acometidas_elctricas/ae202_acometida_aerea_baja_tension

- [14] "ET505 Fusibles para transformadores de distribución tipo dual |."
https://likinormas.micodensa.com/Especificacion/transformadores/et505_especificacion_tecnica_fusibles_transformadores_distribucion_tipo (accessed Jun. 14, 2022).
- [15] "ET509 Descargadores de sobretensión de óxido metálico en baja tensión |."
https://likinormas.micodensa.com/Especificacion/equipos_manioobra_proteccion_sobrecorriente_sobretensiones/et509_descargadores_sobretension_oxido_metalico_baja_tension (accessed Jun. 14, 2022).
- [16] "LAR400 Puesta a tierra |."
https://likinormas.micodensa.com/Norma/lineas_aereas_rurales_distribucion/puesta_tierra_cables_guarda_templates/lar400_puesta_tierra (accessed Jun. 14, 2022).
- [17] "LA202 Circuito primario sencillo construcción tangencial |."
https://likinormas.micodensa.com/Norma/lineas_aereas_urbanas_distribucion/lineas_aereas_11_4_13_2_kv/la202_circuito_primario_sencillo_construccion_tangencial (accessed Jun. 14, 2022).
- [18] "LA206 Circuito primario sencillo cambio de ángulo a 90° con retención horizontal |."
https://likinormas.micodensa.com/Norma/lineas_aereas_urbanas_distribucion/lineas_aereas_11_4_13_2_kv/la206_circuito_primario_sencillo_cambio_angulo_90 (accessed Jun. 14, 2022).
- [19] "LA209 Circuito primario sencillo derivación a 90° con retención inferior |."
https://likinormas.micodensa.com/Norma/lineas_aereas_urbanas_distribucion/lineas_aereas_11_4_13_2_kv/la209_circuito_primario_sencillo_derivacion_90_retencion_inferior (accessed Jun. 14, 2022).
- [20] "LA213 Retención doble simétrica de circuito primario sencillo |."
https://likinormas.micodensa.com/Norma/lineas_aereas_urbanas_distribucion/lineas_aereas_11_4_13_2_kv/la213_retencion_doble_simetrica_circuito_primario_sencillo (accessed Jun. 14, 2022).
- [21] "LA211 Final de circuito primario sencillo |."
https://likinormas.micodensa.com/Norma/lineas_aereas_urbanas_distribucion/lineas_aereas_11_4_13_2_kv/la211_final_circuito_primario_sencillo (accessed Jun. 14, 2022).
- [22] "CTU520 Centro de distribución urbano. Montaje en poste de transformador trifásico para servicio dedicado con circuito primario sencillo |."
https://likinormas.micodensa.com/Norma/centros_transformacion_redes_aereas_urbanos_rurales/centros_transformacion_aereos_urbanos_trifasicos/ctu520_centro_distribucion_urbano_montaje_poste (accessed Jun. 14, 2022).
- [23] "LA320 Circuito secundario sencillo en conductor trenzado construcción en línea |."
https://likinormas.micodensa.com/Norma/lineas_aereas_urbanas_distribucion/lineas_aereas_11_4_13_2_kv/la320_circuito_secundario_sencillo_en_conductor_trenzado_construccion_en_linea

as_aereas_baja_tension/la320_circuito_secundario_sencillo_conductor_trenzado_construccion_linea (accessed Jun. 14, 2022).

- [24] "LA321 Final de circuito secundario sencillo en conductor trenzado |."
- https://likinormas.micodensa.com/Norma/lineas_aereas_urbanas_distribucion/lineas_aereas_baja_tension/la321_final_circuito_secundario_sencillo_conductor_trenzado (accessed Jun. 14, 2022).
- [25] "Cable ACSR 2/0 AWG - Paneles Solares Colombia Lamparas Solares Ingeniería Eléctrica Energía Solar Baterías Solares Cucuta Materiales."
- <https://ineldec.com/producto/cable-acsr-2-0-awg-quail/> (accessed Jun. 14, 2022).
- [26] "CONSTANTES DE REGULACION DE CABLES MT Y BT," 2019.
- [27] "Derating, temperatura y altitud cómo afectan a la potencia de un generador."
- <https://genesalenergy.com/comunicacion/articulos/temperatura-y-altitud-como-afectan-a-la-potencia-de-un-generador/> (accessed Jun. 14, 2022).
- [28] "CTS601 Convenciones para planos de levantamiento y diseño de redes de distribución de media y baja tensión | Likinormas."
- https://likinormas.micodensa.com/Norma/centros_transformacion_redes_subterranos/convenciones/cts601_convenciones_planos_levantamiento_diseno_redes (accessed Jun. 19, 2022).

ANEXOS

Anexo 1

Bloque	Área	Sublimación				
		carga c/u [KW]	cantidad	carga total[kW]	Voltaje[V]	Corriente[A]
76	5222	0,04	96	3,835123474	220	10,4963749
77	6630	0,04	122	4,869182044	220	13,32649666
78	10489	0,04	193	7,703295694	220	21,08320113
79	3001	0,04	55	2,20398421	220	6,032099016
80	10893	0,04	200	8	220	21,89525311
81	8366	0,04	154	6,144129257	220	16,81590815
82	10893	0,04	200	8	220	21,89525311
83	10893	0,04	200	8	220	21,89525311
84	9945	0,04	183	7,303773065	220	19,98974499
85	10893	0,04	200	8	220	21,89525311
86	9945	0,04	183	7,303773065	220	19,98974499
87	10893	0,04	200	8	220	21,89525311
89	8492	0,04	156	6,236665749	220	17,06917189
90	8553	0,04	157	6,281465161	220	17,1917837
91	7577	0,04	139	5,564674562	220	15,22999475
92	7679	0,04	141	5,639585055	220	15,43501778
93	7577	0,04	139	5,564674562	220	15,22999475
94	6357	0,04	117	4,668686312	220	12,77775856
95	7313	0,04	134	5,37078858	220	14,69934692
96	9146	0,04	168	6,716974204	220	18,38373129
97	10893	0,04	200	8	220	21,89525311
99	10893	0,04	200	8	220	21,89525311
101	10893	0,04	200	8	220	21,89525311
102	9708	0,04	178	7,129716332	220	19,51336796
103	10867	0,04	200	7,980905168	220	21,84299234
104	8367	0,04	154	6,144863674	220	16,81791818
105	5209	0,04	96	3,825576058	220	10,47024451
106	10598	0,04	195	7,783347104	220	21,30229436
107	5209	0,04	96	3,825576058	220	10,47024451
108	9544	0,04	175	7,00927201	220	19,18372309
109	11378	0,04	209	8,35619205	220	22,8701175
110	11050	0,04	203	8,115303406	220	22,21082777
111	5209	0,04	96	3,825576058	220	10,47024451

Anexo 1 Cuadros de carga sublimación. Autoría

Anexo 2

Bloque	Área	Ventilación				
		carga c/u [KW]	cantidad	carga total[kW]	Voltaje[V]	Corriente[A]
76	5222	0,375	5	1,797714128	220	4,920175732
77	6630	0,375	6	2,282429083	220	6,246795309
78	10489	0,375	10	3,610919857	220	9,882750528
79	3001	0,375	3	1,033117598	220	2,827546414
80	10893	0,375	10	3,75	220	10,26339989
81	8366	0,375	8	2,880060589	220	7,882456947
82	10893	0,375	10	3,75	220	10,26339989
83	10893	0,375	10	3,75	220	10,26339989
84	9945	0,375	9	3,423643624	220	9,370192964
85	10893	0,375	10	3,75	220	10,26339989
86	9945	0,375	9	3,423643624	220	9,370192964
87	10893	0,375	10	3,75	220	10,26339989
89	8492	0,375	8	2,92343707	220	8,001174324
90	8553	0,375	8	2,944436794	220	8,058648609
91	7577	0,375	7	2,608441201	220	7,139060039
92	7679	0,375	7	2,643555494	220	7,235164582
93	7577	0,375	7	2,608441201	220	7,139060039
94	6357	0,375	6	2,188446709	220	5,989574326
95	7313	0,375	7	2,517557147	220	6,890318868
96	9146	0,375	8	3,148581658	220	8,617374042
97	10893	0,375	10	3,75	220	10,26339989
99	10893	0,375	10	3,75	220	10,26339989
101	10893	0,375	10	3,75	220	10,26339989
102	9708	0,375	9	3,34205453	220	9,146891231
103	10867	0,375	10	3,741049298	220	10,23890266
104	8367	0,375	8	2,880404847	220	7,883399148
105	5209	0,375	5	1,793238777	220	4,907927114
106	10598	0,375	10	3,648443955	220	9,985450481
107	5209	0,375	5	1,793238777	220	4,907927114
108	9544	0,375	9	3,285596254	220	8,992370201
109	11378	0,375	10	3,916965023	220	10,72036758
110	11050	0,375	10	3,804048471	220	10,41132552
111	5209	0,375	5	1,793238777	220	4,907927114

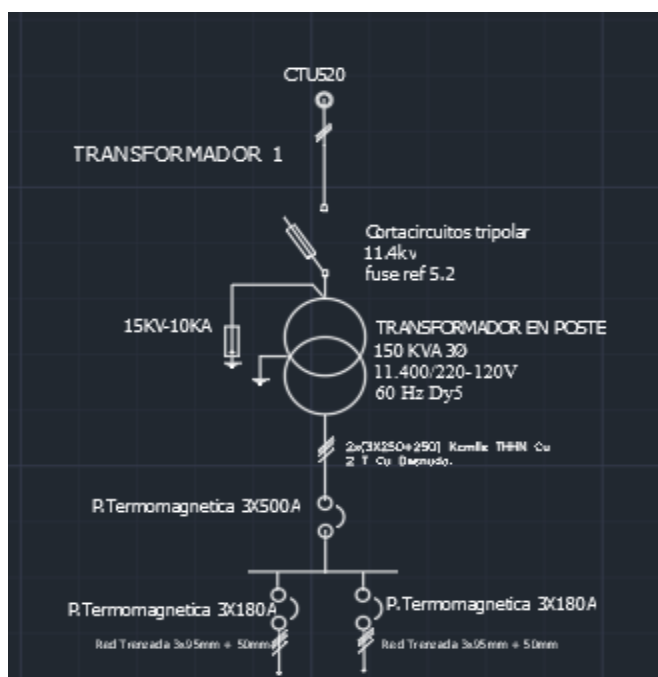
Anexo 2 Cuadros de carga ventilación. Autoría

Anexo 3

Bloque	Área	Ducto				
		carga c/u [KW]	cantidad	carga total[kW]	Voltaje[V]	Corriente[A]
76	5222	0,66	2	1,32	220	3,612716763
77	6630	0,66	2	1,32	220	3,612716763
78	10489	0,66	2	1,32	220	3,612716763
79	3001	0,66	2	1,32	220	3,612716763
80	10893	0,66	2	1,32	220	3,612716763
81	8366	0,66	2	1,32	220	3,612716763
82	10893	0,66	2	1,32	220	3,612716763
83	10893	0,66	2	1,32	220	3,612716763
84	9945	0,66	2	1,32	220	3,612716763
85	10893	0,66	2	1,32	220	3,612716763
86	9945	0,66	2	1,32	220	3,612716763
87	10893	0,66	2	1,32	220	3,612716763
89	8492	0,66	2	1,32	220	3,612716763
90	8553	0,66	2	1,32	220	3,612716763
91	7577	0,66	2	1,32	220	3,612716763
92	7679	0,66	2	1,32	220	3,612716763
93	7577	0,66	2	1,32	220	3,612716763
94	6357	0,66	2	1,32	220	3,612716763
95	7313	0,66	2	1,32	220	3,612716763
96	9146	0,66	2	1,32	220	3,612716763
97	10893	0,66	2	1,32	220	3,612716763
99	10893	0,66	2	1,32	220	3,612716763
101	10893	0,66	2	1,32	220	3,612716763
102	9708	0,66	2	1,32	220	3,612716763
103	10867	0,66	2	1,32	220	3,612716763
104	8367	0,66	2	1,32	220	3,612716763
105	5209	0,66	2	1,32	220	3,612716763
106	10598	0,66	2	1,32	220	3,612716763
107	5209	0,66	2	1,32	220	3,612716763
108	9544	0,66	2	1,32	220	3,612716763
109	11378	0,66	2	1,32	220	3,612716763
110	11050	0,66	2	1,32	220	3,612716763
111	5209	0,66	2	1,32	220	3,612716763

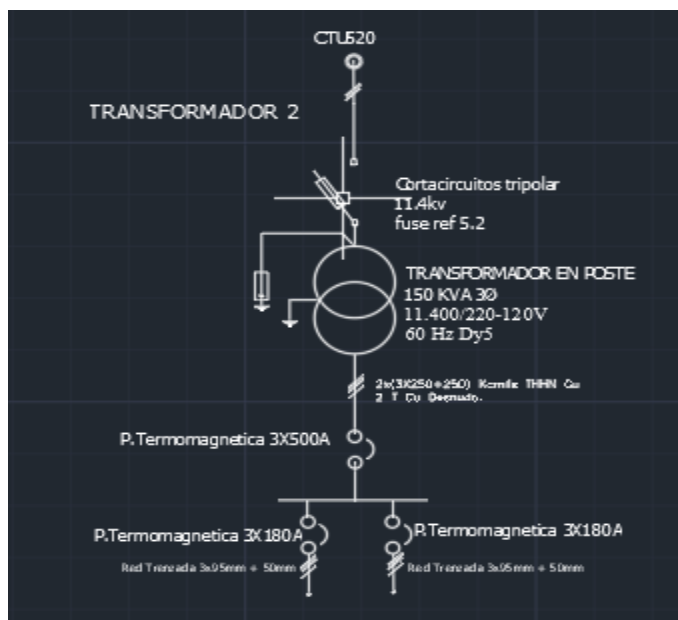
Anexo 3 Cuadros de carga ducto. Autoría

Anexo 4



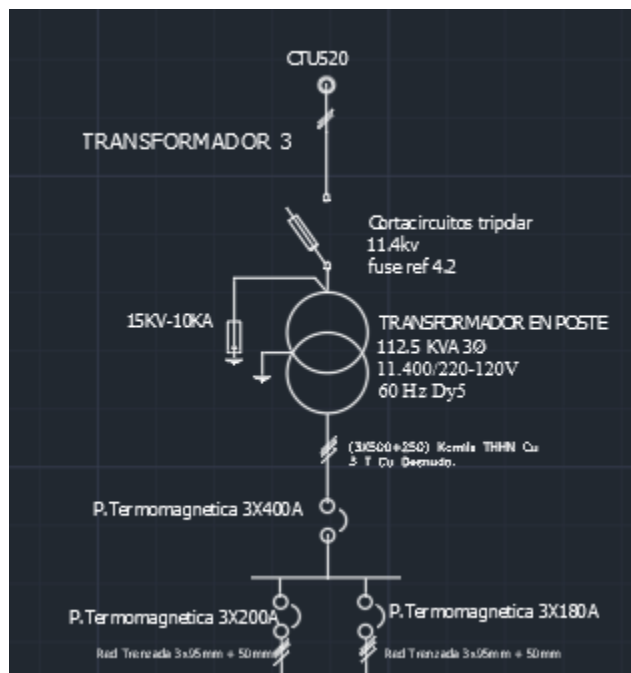
Anexo 4. Diagrama unifilar transformador 1. Autoría

Anexo5



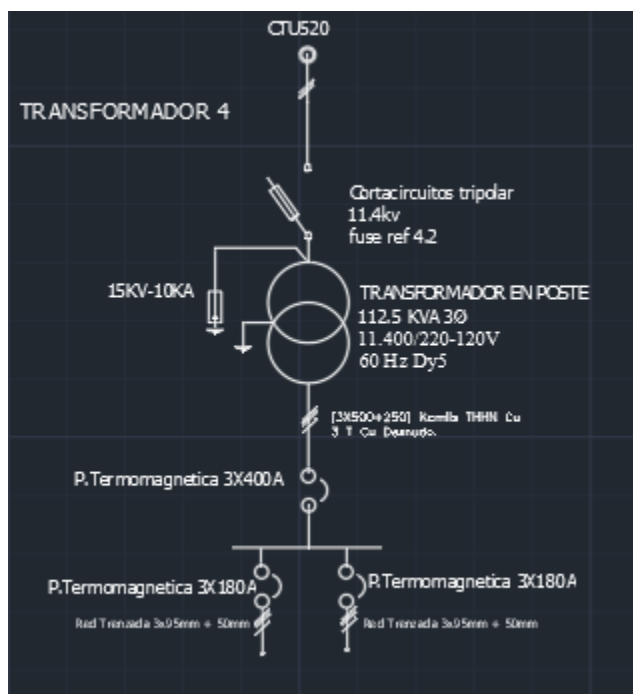
Anexo 5. Diagrama unifilar transformador 2. Autoría

Anexo 6



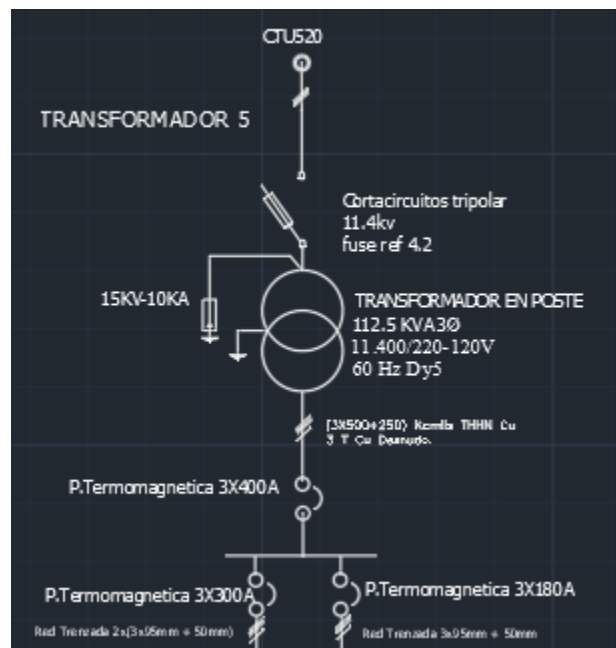
Anexo 6. Diagrama unifilar transformador 3. Autoría

Anexo 7



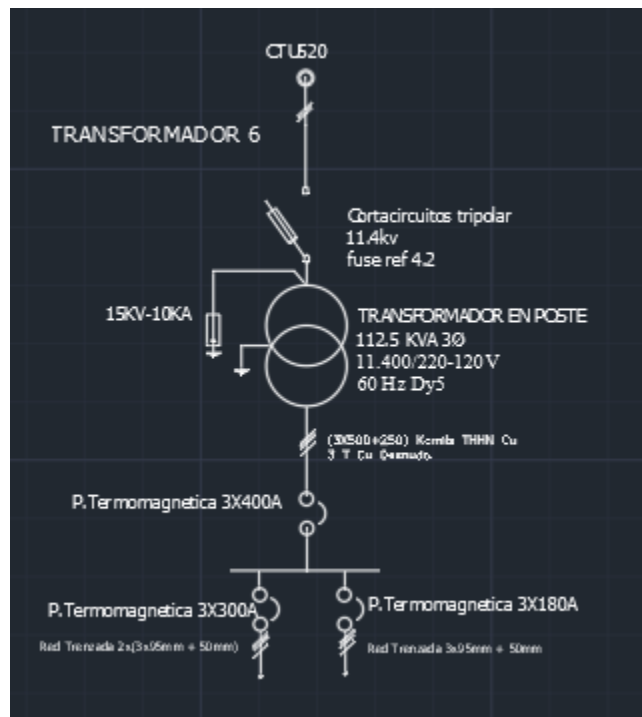
Anexo 7. Diagrama unifilar transformador 4. Autoría

Anexo 8



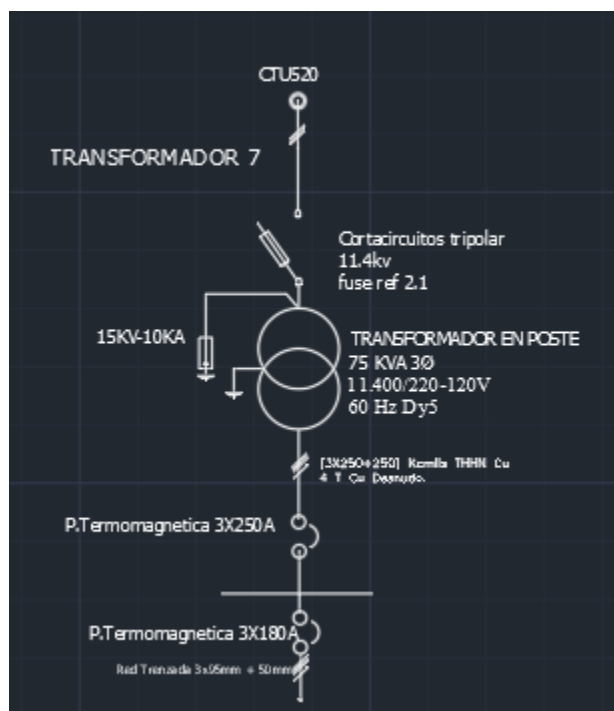
Anexo 8. Diagrama unifilar transformador 5. Autoría

Anexo 9



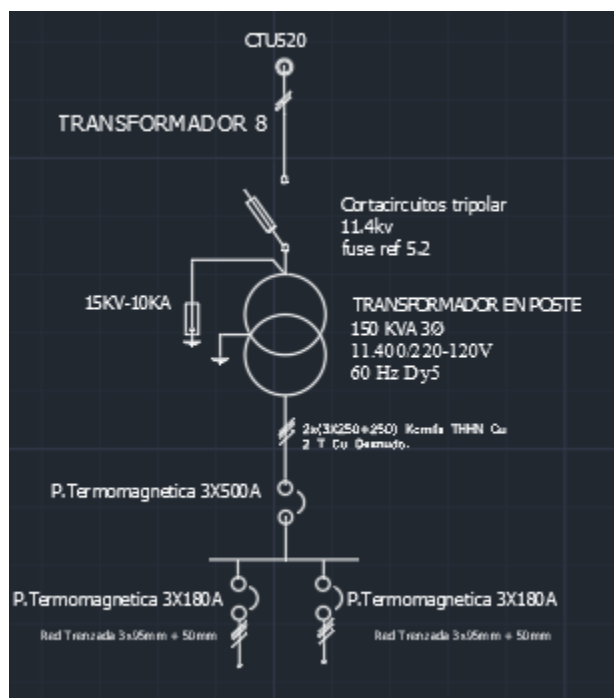
Anexo 9. Diagrama unifilar transformador 6. Autoría

Anexo 10



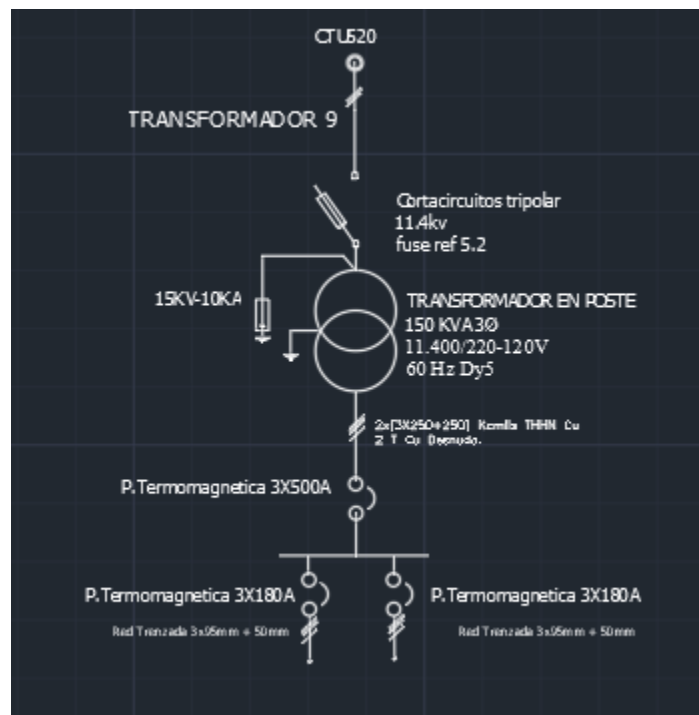
Anexo10. Diagrama unifilar transformador 7. Autoría

Anexo 11



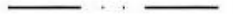
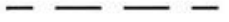
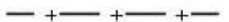
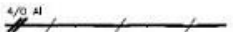
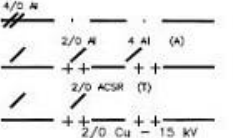
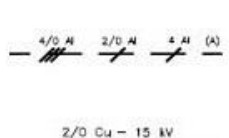
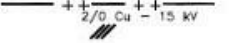
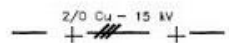
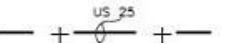
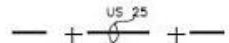
Anexo 11. Diagrama unifilar transformador 8. Autoría

Anexo 12



Anexo 12. Diagrama unifilar transformador 8. Autoría

Anexo 13

PROYECTADO	REDES	EXISTENTE
	Red de B T aérea (A) indica red abierta (T) indica red trenzada	
	Red de B T Subterránea	
	Red de M T Aérea	
	Red de M T Subterránea	
	Red de 34.5kV Subterránea	
	Línea de Distribución 34.5 kV Aérea	
	Línea de transmisión 57.5 kV	
	Línea de transmisión 115 kV	
	Suplecia del circuito de M.T	
	Calibre y número de conductores (A) indica red abierta (T) indica red trenzada	
	Calibre y número de conductores	
	Número del circuito en la ruta	
	Conductor de puesta a tierra	
	Empalme	
	Centro de transformación de pedestal	
	Centro de transformación capsulada	
	Centro de transformación convencional de local	
	Centro de transformación convencional de sótano	
	Centro de transformación subterráneo (semisumergibles)	
	Centro de transformación trifásico para AP en poste	
	Centro de transformación trifásico en poste	
Para planos de diseño o construcción se utilizarán las indicaciones generales, precisando cuando sea necesario lo existente o proyectado con las letras E o P respectivamente.		

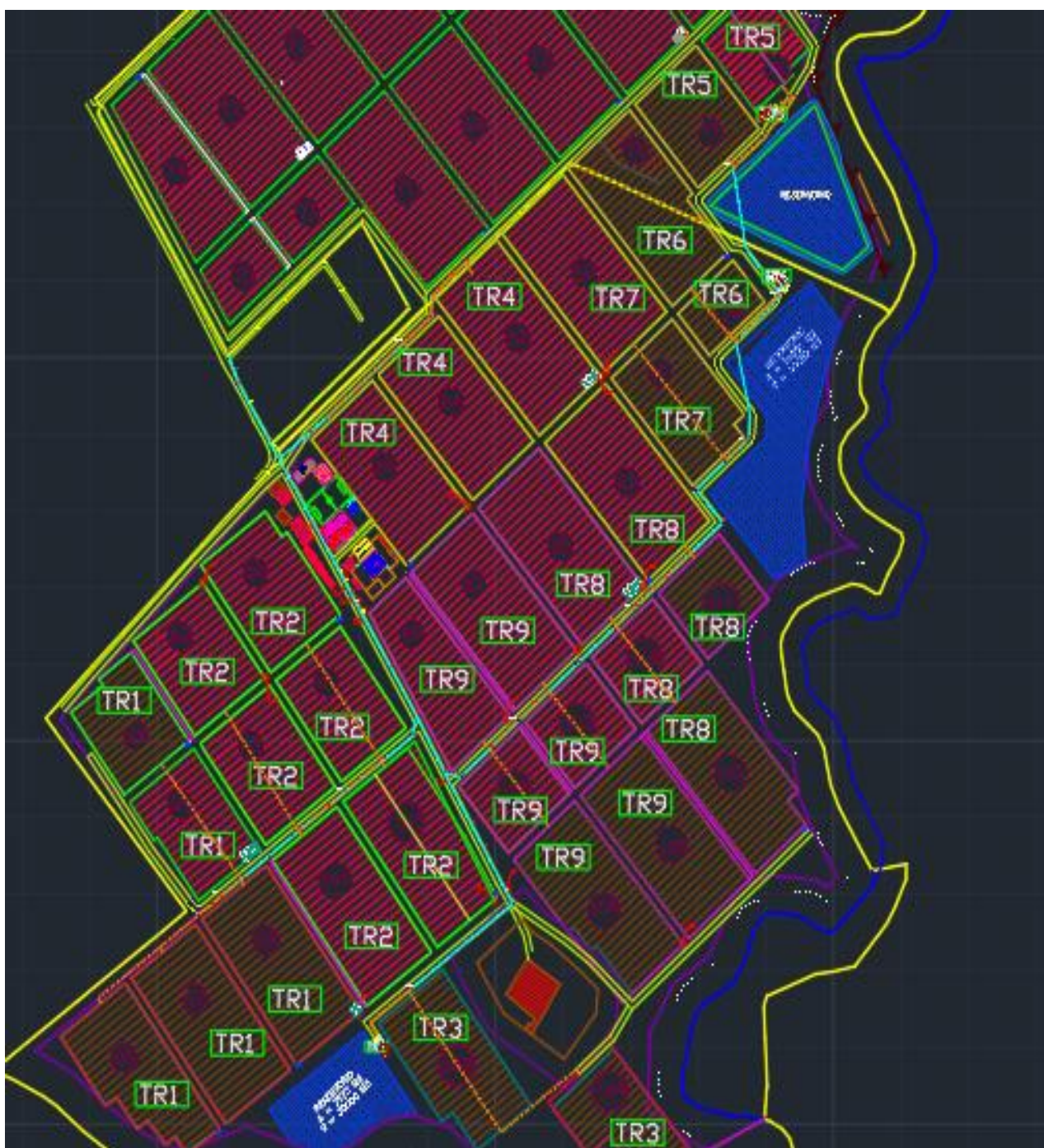
Anexo 13. Convenciones para planos de levantamientos y diseño de redes de distribución de media y baja tensión[28].

Anexo 14

INDICACIÓN GENERAL	POSTERÍA	INDICACIÓN EN EL PLANO (EXISTENTE O PROYECTADO)
	Poste de concreto/fibra (pilar) 4.5m, 200 kgf	 E  P
	Poste de concreto 10 m tipo línea (204 kgf. Carga de trabajo) (510 kgf. Carga de rotura)	 E  P
	Poste de concreto 10 m reforzado (300 kgf. Carga de trabajo) (750 kgf. Carga de rotura)	 E  P
	Poste de concreto 10 m extra-reforzado (420 kgf. Carga de trabajo) (1 050 kgf. Carga de rotura)	 E  P
	Poste de concreto 12 m tipo línea (204 kgf. Carga de trabajo) (510 kgf. Carga de rotura)	 E  P
	Poste de concreto 12 m reforzado (300 kgf. Carga de trabajo) (750 kgf. Carga de rotura)	 E  P
	Poste de concreto 12 m extra-reforzado (420 kgf. Carga de trabajo) (1 050 kgf. Carga de rotura)	 E  P
	Poste de concreto 12 m extra-reforzado (540 kgf. Carga de trabajo) (1 350 kgf. Carga de rotura)	 E  P
	Poste de concreto 14 m tipo línea (300 kgf. Carga de trabajo) (750 kgf. Carga de rotura)	 E  P
	Poste de concreto 14 m reforzado (420 kgf. Carga de trabajo) (1 050 kgf. Carga de rotura)	 E  P
	Poste de concreto 14 m extra-reforzado (540 kgf. Carga de trabajo) (1 350 kgf. Carga de rotura)	 E  P
	Poste de concreto 10m 1050 kg con puesta a tierra inmersa en concreto	 E  P
	Poste de concreto 12m 750 kg con puesta a tierra inmersa en concreto	 E  P
	Poste de concreto 12m 1050 kg con puesta a tierra inmersa en concreto	 E  P
	Poste de concreto 14m 1050 kg con puesta a tierra inmersa en concreto	 E  P
 M	Poste de madera inmunizada 10 m tipo liviano	 M/E  M/P
 M	Poste de madera inmunizada 10 m tipo pesado	 M/E  M/P
 M	Poste de madera inmunizada 10 m tipo extra-pesado	 M/E  M/P
 M	Poste de madera inmunizada 12 m tipo liviano	 M/E  M/P
 M	Poste de madera inmunizada 12 m tipo pesado	 M/E  M/P
NOTAS:		
1- Para planos de diseño o construcción se utilizarán las indicaciones generales, precisando cuando sea necesario según el caso lo existente o lo proyectado		
2- Si el poste de concreto posee la puesta a tierra inmersa se le incluirá la convención de línea a tierra dentro del poste.		

Anexo 14. Convenciones para planos de levantamientos y diseño de redes de distribución de media y baja tensión[28]

Anexo 15



Anexo 15. Diseño red de media y baja tensión.