UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMA Y TELECOMUNICACIONES

PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

DESARROLLO DE PROYECTOS DE DISEÑO, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO ELÉCTRICO EN LA EMPRESA SMART ENERGY S.A.S.

AUTOR

ROBERTH NORLEY ARGOTY MUÑOZ

DIRECTOR

ING. VICTOR GARRIDO AREVALO

CO-DIRECTOR

ING. FABIO NELSON RINCON PINEDA

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMA Y TELECOMUNICACIONES

PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
COLOMBIA - NORTE DE SANTANDER - PAMPLONA
13/12/2022

DESARROLLO DE PROYECTOS DE DISEÑO, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO ELÉCTRICO EN LA EMPRESA SMART ENERGY S.A.S.

AUTOR

ROBERTH NORLEY ARGOTY MUÑOZ

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO

DIRECTOR

ING. VICTOR GARRIDO AREVALO

CO-DIRECTOR

ING. NELSON FABIO RINCON PINEDA

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMA Y TELECOMUNICACIONES

PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

COLOMBIA - NORTE DE SANTANDER – PAMPLONA

13/12/2022

AGRADECIMIENTO

Primero que todo agradezco a Dios por permitirme llegar hasta donde hoy he llegado con mi carrera, algo que en unos años atrás se miraba inalcanzable e imposible por ciertas dificultades que se presentaron, pero hoy me doy cuenta de que todo es posible si hacemos las cosas de la mejor manera con dedicación y amor. Agradezco a mis padres Rosa Elina Muñoz Y Jorge Arcesio Argoty por el apoyo brindado en el transcurso de mi carrera, ya que sin ellos no hubiera alcanzado este objetivo, a mis hermanos y especialmente a mi esposa Diana Ordoñez por estar conmigo en cada momento apoyándome para culminar el propósito más anhelado.

También quiero agradecer a cada uno de los docentes que me brindaron todo su conocimiento para el proceso de mi formación como ingeniero electricista, los cuales hoy en día han sido aprovechados en mi vida laboral.

Agradezco a la empresa Smart Energy por la oportunidad y la confianza de poder realizar mis prácticas empresariales con ellos y por todo el conocimiento que me brindaron.

RESUMEN: En el presente trabajo de grado se realizan los diseños eléctricos del proyecto Urbanización San Gerardo en el municipio de La Cruz, departamento de Nariño, los diseños corresponden a redes eléctricas de MT, BT, Transformación e instalaciones de uso final. Este proyecto se diseñó con el software AutoCAD, el cual es la herramienta implementada por la empresa, se obtuvo los cálculos correspondientes para los tableros de distribución de las viviendas y los cálculos para las redes de MT, BT y la capacidad de transformación para los 22 usuarios que conforman a esta urbanización. Teniendo en cuanta y haciendo cumplir cada una de las normas de diseño.

También se realizó el mantenimiento a cinco cuartos eléctricos en el centro comercial Unicentro ubicado en la ciudad de Pasto (Nariño). Este mantenimiento se realizó con el fin de prevenir fallas, paradas críticas de equipos importantes para el funcionamiento de este establecimiento y principalmente para brindar seguridad a la vida humana. El mantenimiento general consiste en la limpieza interior y exterior de todos los tableros de distribución, En él apriete de toda la tornillería para evitar falsos contactos que pueden generar daños a los equipos conectados a estos elementos, revisión física y señalizaciones adecuadas para cada gabinete como también la señalización para toda la canalización expuesta a la vista, la cual será marcada con una franja de color naranja para poder distinguirlas de los de más usuarios existentes, como lo exige el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE.

Y por último, se evidencia el apoyo realizado para la finalización de las instalaciones eléctricas en la nueva subestación construida en el municipio de Mosquera Nariño, la cual ya se viene trabajando unos meses atrás, pero no sé a finalizado este proyecto aún, entonces se estará brindando el apoyo necesario para lograr este objetivo.

Palabras clave: diseños eléctricos, redes eléctricas, mantenimiento, tableros de distribución, canalización, instalaciones eléctricas, subestación.

ABSTRACT: In this degree work, the electrical designs of the San Gerardo Urbanization project in the municipality of La Cruz, department of Nariño, are carried out, the designs correspond to electrical networks of MT, BT, Transformation and end-use facilities. This project was designed with the AutoCAD software, which is the tool implemented by the company, the corresponding calculations were obtained for the distribution boards of the houses and the calculations for the MT, BT networks and the transformation capacity for the 22 users. that make up this urbanization. Taking into account and enforcing each of the design standards.

Maintenance was also carried out on five electrical rooms in the Unicentro shopping center located in the city of Pasto (Nariño). This maintenance was carried out in order to prevent failures, critical stops of important equipment for the operation of this establishment and mainly to provide safety to human life. General maintenance consists of cleaning the interior and exterior of all the distribution boards, during which all the screws are tightened to avoid false contacts that can cause damage to the equipment connected to these elements, a physical inspection and appropriate signs for each cabinet as well as the signaling for all the channeling exposed to sight, which will be marked with an orange stripe to be able to distinguish them from those of more existing users, as required by the RETIE technical regulation of electrical installations.

And finally, the support made for the completion of the electrical installations in the new substation built in the municipality of Mosquera Nariño, which has already been working a few months ago, is evident, but I do not know that this project has finished yet, so the necessary support to achieve this goal.

Keywords: electrical designs, electrical networks, maintenance, distribution boards, channeling, electrical installations, substation.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I – PLAN DE TRABAJO..... 13
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA 13
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN 16
1.2.1 Planteamiento del problema 16
1.2.2 Justificación 17
1.3 OBJETIVOS 18
1.3.1. Objetivo general 18
1.3.2. Objetivos específicos 18
1.3.3. Acotaciones 18
CAPÍTULO II – DESARROLLO 19
2.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS PARA LOGRAR EL CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS. 19
2.1.1. Datos generales para el diseño de las redes de MT y BT. 19
2.1.2. Diseño de red de media tensión. 19
2.1.2.1. Análisis del nivel de tensión requerido para MT. 19
2.1.2.2. Distancias de seguridad. 19
2.1.2.3. Materiales 21
2.1.3. Diseño de red de baja tensión. 24
2.1.3.1. Análisis de nivel de tensión requerido para BT. 24
2.1.3.2. Materiales. 24
2.1.4. Diseño eléctrico para las viviendas unifamiliar en la urbanización San Gerardo..... 26
2.1.5. Mantenimiento a cuartos eléctricos en centro comercial Unicentro. 29
2.1.6 Instalaciones eléctricas a la subestación Tasquita. 33
2.1.7. PROCESOS REALIZADOS PARA DAR FINALIZACIÓN A LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LA SUBESTACIÓN TASQUITA. 37
2.1.7.1. Instalación de canalización y conductores para la conexión del Reconectador a la

entrada del transformador 34.5 Kv y conexión de salida del transformador a las líneas de 13.2 Kv. 37

2.1.7.2. Construcción de malla de encerramiento para la subestación Tasquita. 40

2.1.7.3. Instalación de transformadores de corriente TCs, de tensión TPs en el medidor principal y medidor de respaldo e instalación del tablero de control para el Reconectador. 43

2.1.7.4. Procesos realizados en la instalación eléctrica del transformador 300KVA. 34.5Kv/13.2Kv 50

2.1.7.5. Instalación de malla de puesta a tierra. 55

2.2. DESCRIPCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS CONCEPTUALES Y METODOLÓGICAS UTILIZADAS EN LA PRÁCTICA EMPRESARIAL. 56

CAPÍTULO III- RESULTADOS 57

3.1. DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. 57

3.1.1. Resultados de diseño para redes de media tensión, baja tensión y uso final. 57

3.1.2 Resultados obtenidos en el mantenimiento a cuartos eléctricos del centro comercial Unicentro. 69

3.1.3. Resultados obtenidos en la finalización de la subestación Tosquita en el municipio de Mosquera Nariño. 71

3.2. ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS. 74

CAPÍTULO IV- RECOMENDACIONES ..... ¡Error! Marcador no definido.

4.1. RECOMENDACIONES PARA EL PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA. ¡Error! Marcador no definido.

4.2. RECOMENDACIONES PARA FUTUROS PRACTICANTES. ..... ¡Error! Marcador no definido.

BIBLIOGRAFÍAS 75

ANEXOS 76

TABLA DE IMÁGENES

Imagen 1. Distancias de seguridad en zonas construidas. 20
Imagen 2. Estructura derivación aérea trifásica con cortacircuitos en poste sencillo 13.2kv 22
Imagen 3. Estructura terminal horizontal simétrica trifásica 13.2kv 22
Imagen 4. Estructura de paso trifásica doble disposición triangular 13.2kv 23
Imagen 5. Estructura de paso doble disposición semi bandera trifásica 13.2kv 23
Imagen 6. Estructura montaje central transformador trifásico- H frente a la red 13.2 Kv 24
Imagen 7. Circuito secundario sencillo en conductor trenzado construcción angular 25
Imagen 8. Circuito secundario sencillo en conductor trenzado construcción en línea 25
Imagen 9. Estructura Final de circuito secundario sencillo en conductor trenzado. 26
Imagen 10. Plano aéreo, 22 viviendas unifamiliares, urbanización San Gerardo 26
Imagen 11. Plano, vivienda unifamiliar, urbanización San Gerardo 27
Imagen 12. Símbolos eléctricos RETIE 28
Imagen 13. Conductores en mal estado 30
Imagen 14. Simbología no adecuada 30
Imagen 15. Tableros y canalizaciones sin señalización 31
Imagen 16. Desmontaje de gabinetes y parte interna, tableros de distribución 31
Imagen 17. Ajustando tornillería a tableros de distribución 32
Imagen 18.Sistema de puesto a tierra antes del mantenimiento 32
Imagen 19. Mantenimiento a sistema de puesto a tierra 33
Imagen 20. Equipos conectados en la estructura de 34.5 KV 34
Imagen 21. Base de concreto para el soporte del transformador más estructura de equipos de las líneas de 34.5Kv para la entrada y estructura para las líneas de salida de 13.2 Kv del trasformador. 35
Imagen 22. Entrada y salida del transformador 36
Imagen 23. Estructura para las líneas de 13.2 Kv con montaje de DPS y Cortacircuitos. 36
Imagen 24. Montaje de canalizaciones para conductores de conexión 37
Imagen 25. Perforación para la canalización en la habitación donde se almacenan los conductores de conexión del transformador. 38

Imagen 26. Montaje de canalización en estructuras. 38

Imagen 27. Pasando los conductores por la canalización a la parte de adentro de la habitación de almacenamiento..... 39

Imagen 28. Canalizaciones instaladas con los conductores de conexión al transformador. 39

Imagen 29. Diseño de construcción de encerramiento para la subestación Tasquita. 40

Imagen 30. Comienzo con el encerramiento de la malla 41

Imagen 31. Encerramiento pintado para el comienzo de la instalación de la malla..... 41

Imagen 32. Comienzo de instalación de malla..... 42

Imagen 33. Malla de encerramiento instalada 42

Imagen 34. Tablero de control, gabinetes para los medidores y borneras de pruebas 44

Imagen 35. Medidores y borneras de pruebas instalados en sus respectivos gabinetes..... 44

Imagen 36. Medida indirecta. Diagrama de conexión entre los equipos de medidas con 3 TCs, 3 TPs, medidor principal y medidor con respaldo. 45

Imagen 37. Canalización coraza en material metal-plástico 46

Imagen 38. Instalación de canalización y cable de control 7x12+12 de conexión para los equipos de medida 46

Imagen 40. Cable de control 7x12+12 descubierto y listo para realizar las conexiones 47

Imagen 39. Conexión de equipos de medida TPs y TCs 47

Imagen 41. Apoyo en la conexión de los equipos de medida TCs y TPs. 48

Imagen 42.Apoyo en la conexión de los medidores..... 49

Imagen 43. Realizando la conexión del medidor principal. 49

Imagen 44. Retiro de chaqueta de protección del conductor. 50

Imagen 45. Se quito con liga la capa semiconductora y se instala la terminal de ojo. 51

Imagen 46. Instalación del apantallamiento a tierra y cintas de aisladoras para asegurar el contacto entre los cables de cobre y la cinta a tierra. 51

Imagen 47. Terminal premoldeados exteriores para las líneas de 13.2Kv..... 52

Imagen 48. Instalación del premoldeados tipo codo. 52

Imagen 49. Premoldeados parte interna 13.2Kv 53

Imagen 50.Terminales premoldeados exteriores para la entrada del transformador 34.5Kv..... 53

Imagen 52.Terminales premoldeados interiores para la entrada del transformador 34.5Kv 54

Imagen 51. conexión de sistema puesta a tierra 54

Imagen 53. Conexión a tierra de los DPS y conexión de los DPS a los bornes del transformador 55

Imagen 54. Instalación de malla puesta a tierra, unión de cable de cobre con varilla de cobre de 2.4 metros. 55

Imagen 55. Redes de MT 57

Imagen 56. Diagrama unifilar red de MT 59

Imagen 57. Red de BT distribuida en la urbanización de San Gerardo 60

Imagen 58. Diagrama unifilar red de baja tensión. 62

Imagen 59.Diseño eléctrico para las viviendas unifamiliares en la urbanización San Gerardo 63

Imagen 60. Diagrama unifilar vivienda urbanización San Gerardo 64

Imagen 61. Modelación de las herramientas utilizadas en red de baja tensión y sistema puesta atierra 68

Imagen 62.Limpieza y ajuste a tableros de distribución 69

Imagen 63. Señalización a canalizaciones y símbolos eléctricos a tableros y equipos 70

Imagen 64. Antes y después del mantenimiento realizado. 70

Imagen 65. Antes y después del mantenimiento al sistema puesta a tierra. 71

Imagen 66. Resultado de la instalación eléctrica parte interna del transformador de 300KVA ... 72

Imagen 67.Resultado de la instalación eléctrica para la entrada de 34.5Kv y la salida de 13.2Kv. 72

Imagen 68. Malla sistema puesta a tierra 73

Imagen 69. Medición de resistividad del suelo mediante la malla a tierra. Telurómetro 73

Imagen 70. Finalizando el mantenimiento 76

Imagen 71. Instalaciones eléctricas a subestación finalizadas. Mosquera Nariño 76

Imagen 72. Grupo de trabajo subestación Tasquita 77

Imagen 73. Realizando las terminales premoldeados con el Ing. Nelson Rincón codirector de trabajo de grado 77

Imagen 74. Ultimo día de trabajo en la subestación, Instalaciones terminadas 78

Imagen 75. Diseño de redes de MT, BT y Uso final 78

TABLA DE TABLAS

Tabla 1. Distancias mínimas de seguridad 20
Tabla 2. Estructuras de diseño red de MT 22
Tabla 3. Estructuras de diseño red de BT 25
Tabla 4. Circuitos seleccionados para las viviendas 27
Tabla 5. Longitudes de poste a poste red de MT 58
Tabla 6. Longitudes de poste a poste red BT 61
Tabla 7. Cuadro de cargas tablero de distribución. 65
Tabla 8. tablero de distribución 65
Tabla 9. Regulación de tensión 66
Tabla 10. Cálculos de ductos 66
Tabla 11. Cálculo de pérdidas de energía 66
Tabla 12. Perdidas de potencia debidas a la regulación de tensión 67
Tabla 13. verificación de conductores 67
Tabla 14. Valores de referencia para resistencia de sistema de puesta a tierra 68

CAPÍTULO I – PLAN DE TRABAJO

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

SMART ENERGY S.A.S.

MISIÓN: Ser una compañía líder en el sector eléctrico integrando factores socioeconómicos y ambientales con personal comprometido y calificado, logrando el desarrollo integral de nuestros proyectos, brindando a nuestros clientes la satisfacción de acuerdo a sus exigencias. (-, 2017)
VISIÓN: En el 2030 **Smart Energy S.A.S.** Será una compañía posicionada al nivel nacional y con proyección internacional, fortaleciendo los índices de cumplimiento y confiabilidad en el mercado, estableciendo sólidos acuerdos comerciales con nuestros clientes y proveedores. (-, 2017)

Smart Energy S.A.S. Es una empresa contratista encargada de diversas instalaciones eléctricas como.
RESIDENCIAL: ofrece una completa gama de productos y servicios para hacer de las viviendas un ambiente acogedor, para lo cual se combina un grupo de profesionales certificados en búsqueda de lograr el mejor diseño de acuerdo al tipo de proyecto (Vivienda, Apartamento, Urbano y Rural) buscando siempre la satisfacción de los clientes más exigentes. (-, 2017)

- Diseño y construcción de instalaciones en unidades de vivienda nuevas.
- Ampliación de instalación eléctrica existente.
- Iluminación decorativa (Interior, Exterior, Navideña).
- Instalación y cambio de medidores (Convencional y Telemedida).
- Mantenimiento de plantas eléctricas y grupos electrógenos.
- Sistema de puesto a tierra.
- Apantallamientos y protección contra descargas atmosféricas.

GENERACIÓN: La generación de energía eléctrica es un factor fundamental en el desarrollo de tecnología y bienestar a nivel mundial, eso implica que sea sostenible ambiental y económicamente, lo que requiere al estudio del fuerte impacto social, ambiental y económico, por lo tanto, debe ser

eficiente y aprovechar de manera óptima los recursos**.** (-, 2017)

- Diseño, construcción y mantenimiento de sistema de generación solar.
- Diseño, construcción y mantenimiento de sistemas de generación eólica.
- Mantenimiento de generadores.
- Pintura y señalización.
- Limpieza de bocatomas y embalses.

TRANSMISIÓN: las redes de transmisión eléctrica son la base de la trasferencia energética que sostienen uno de los sectores más importantes de la economía de nuestro país, por lo tanto, una falla en el sistema requiere de atención inmediata y con resultados efectivos. El mantenimiento preventivo es vital para evitar fallas de gran magnitud con serios impactos sociales y económicos. (-, 2017)

- Replanteo y remodelación de redes.
- Montaje y construcción de torres.
- Montaje de torres de emergencia.
- Pintura y mantenimiento de torres.
- Cambio de aisladores y herrajes.

SUBESTACIÓN: Una correcta planeación en el diseño y construcción de subestaciones nos permite dar mayor confiabilidad a la red, expansión de los sistemas eléctricos en el momento que el consumo lo requiera, bajo costos de operación, mantenimiento, ampliación de niveles de tensión y de potencia. (-, 2017)

- Diseño, construcción y mantenimiento de subestaciones.
- Mantenimiento de transformadores.
- Subestaciones convencionales.
- Subestaciones pad Mounted.
- Subestaciones encapsuladas.
- Apantallamiento y protección contra descargas atmosféricas.
- Sistema de puesta a tierra.
- Drenajes y cerramientos.
- Pintura y señalización.

REDES DE DISTRIBUCIÓN: La calidad en la prestación de servicio a usuarios conectados a la red local de MT Y BT por partes de las electrificadoras de redes privadas es eficiente de acuerdo a los planes de mantenimiento preventivo y correctivo que se implemente, así como los estudios de crecimiento de consumo, repotenciación de redes y de transformadores. (-, 2017).

- Replanteo y remodelación de redes.
- Diseño y construcción de redes nuevas.
- Coordinación de protecciones.
- Líneas de guarda y apantallamientos.
- Mantenimiento preventivo y correctivo.
- Redes aéreas y subterráneas.
- Sistema de puesta a tierra.

ENTRE OTROS SERVICIOS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

1.2.1 Planteamiento del problema

La urbanización San Gerardo es una construcción nueva que se realizó en el municipio de La Cruz en el departamento de Nariño la cual no cuenta con el sistema eléctrico, para esta construcción se requiere del proyecto de diseño de las instalaciones eléctricas de MT, BT, Trasformación y Uso final del suministro que se dará a las 22 viviendas tipo unifamiliar que conforman a esta urbanización teniendo en cuenta los diferentes parámetros establecidos por el operador de red del departamento CEDENAR S.A.E.S.P. Y las normas técnicas colombianas.

También se realizó una inspección a los diferentes cuartos eléctricos del centro comercial Unicentro se observa que estos requieren de un mantenimiento preventivo, los tableros están con alguna de sus tornillerías flojas el cual está provocando calentamientos por falsos contactos, daños en los conductores y en un futuro se puede provocar daños de equipos, también se encuentran con polvo, sin señalizaciones de riesgo para los tableros de distribución y canalizaciones.

En el municipio de Mosquera en el departamento de Nariño se realiza la construcción de la subestación eléctrica Tasquita la cual se ha venido trabajando unos meses atrás y no lograron terminar las instalaciones eléctricas y este proyecto quedo parado por varios meses sin terminar las conexiones de entrada y salida del transformado como también el encerramiento y malla de sistema de puesta a tierra para la protección de los equipos.

1.2.2 Justificación

Este proyecto se ejecutará con el fin de diseñar las redes de media tensión MT, baja tensión BT, transformación y uso final, para dar suministro de energía a las instalaciones de la urbanización San Gerardo del municipio de La Cruz- Nariño cumpliendo los requisitos generales para el diseño de las redes eléctricas.

También el mantenimiento a los equipos eléctricos logrará brindar seguridad al personal del establecimiento y mayor confiabilidad para los equipos con la probabilidad de que no suceda un daño por falta de mantenimiento a estos.

Y con el problema de la subestación de Mosquera se decide Actualmente retomar el proyecto de la subestación Tasquita y viajar hasta este lugar para poder dar la finalización a las instalaciones eléctricas faltantes de este proyecto, el cual se realizó para suministrar energía eléctrica a varios sectores de este municipio de Mosquera y hasta el día de hoy aún no han recibido el suministro eléctrico.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar proyectos de diseño, instalación y mantenimiento eléctrico para la empresa SMART ENERGY S.A.S. Ubicada en la ciudad de Pasto en el departamento de Nariño.

1.3.2. Objetivos específicos

Diseñar redes eléctricas de MT, BT, Transformación y uso final en la urbanización de San Gerardo municipio de La Cruz Nariño.

Realizar mantenimiento a los cuartos eléctricos del centro comercial Unicentro en la ciudad de Pasto.

Apoyar en la finalización de las instalaciones eléctricas del proyecto de la nueva subestación Tasquita construida en el municipio de Mosquera en el departamento de Nariño.

1.3.3. Acotaciones

AutoCAD. Software implementado para realizar el diseño eléctrico de redes de MT, BT, Transformación e instalaciones de uso final en el proyecto de urbanización San Gerardo.

Office. Herramienta utilizada para trabajar como apoyo al desarrollo de cálculos y formulación de proyectos (Excel, Word, etc.)

CAPÍTULO II – DESARROLLO

2.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS PARA LOGRAR EL CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS.

2.1.1. Datos generales para el diseño de las redes de MT y BT.

Para el diseño de redes de MT, BT, Transformación y Uso final para las 22 viviendas que conforman a la urbanización San Gerardo, en el municipio de La Cruz, en el departamento de Nariño, se obtuvo las siguientes coordenadas de arranque en media tensión N 1° 37´ 32,5” W-76° 56´ 17.1” de la subestación La Cruz, del circuito 29LC01 con el nodo de conexión 29SN000040 para una carga solicitada de 30 KVA, una regulación de voltaje neto del 0,32% y una corriente de falla trifásica balanceada de 0.55 KA. El proyecto a construir debe cumplir con todos los requerimientos de construcción con la Norma técnica NTC 2050 y el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE. El correspondiente diseño fue presentado al operador de red del departamento de Nariño, CEDENAR A.S.E.S.P El cual se encarga de su revisión y aprobación para la empresa Smart Energy.

2.1.2. Diseño de red de media tensión.

2.1.2.1. Análisis del nivel de tensión requerido para MT.

Media tensión (MT): Niveles de tensión nominal superiores a 1000v e inferiores a 57,5 KV.

2.1.2.2. Distancias de seguridad.

El presente proyecto cumple con lo estipulado en el artículo 13 de la resolución 90708 del 30 de agosto de 2013, lo cual en ningún caso se permitirá el paso de conductores de redes o líneas del servicio público, por encima de edificaciones donde se tenga presencia de personas.

Tabla 1. Distancias mínimas de seguridad

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

Fuente: (GUTIERREZ, 2013)

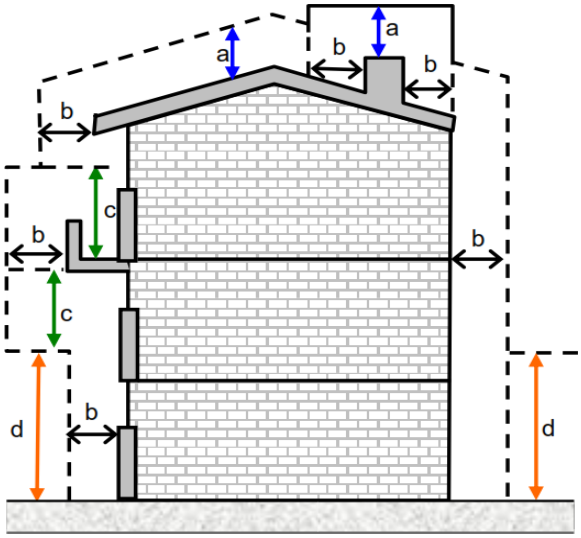


Imagen 1. Distancias de seguridad en zonas construidas.

Fuente: (GUTIERREZ, 2013)

2.1.2.3. Materiales

Conductor. Para la red de media tensión se instala cable ACSR calibre 2 AWG

Crucetas, perchas y herrajes. Las crucetas, perchas y todos los herrajes de hierro y acero que serán utilizados en la ejecución de la obra son galvanizados por inmersión en caliente y deberán estar homologados por el Comité de Calidad del Sector Eléctrico Colombiano. Las crucetas utilizadas tienen únicamente las perforaciones requeridas para su instalación. Y ningún herraje fue alterado ni modificado para su instalación.

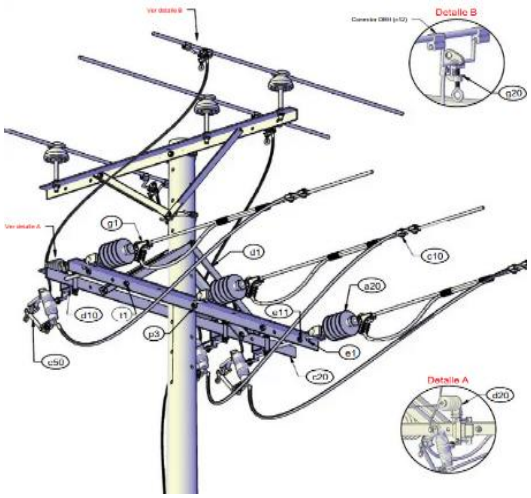
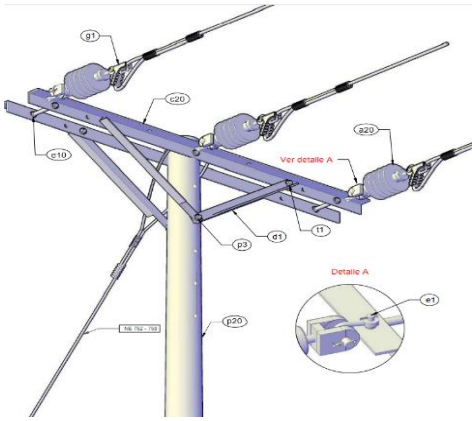
Aisladores. Todos los aisladores a utilizar en el proyecto, tales como, aisladores discos de porcelana y polimérico, aisladores tipo pin y aisladores tensores, están homologados y certificados debidamente por un organismo autorizado. De acuerdo a los estándares estipulados en las normas ANSI C.29-7-2-5-6-3- 4.

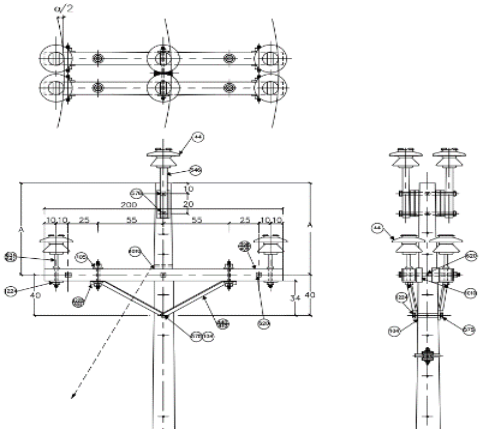
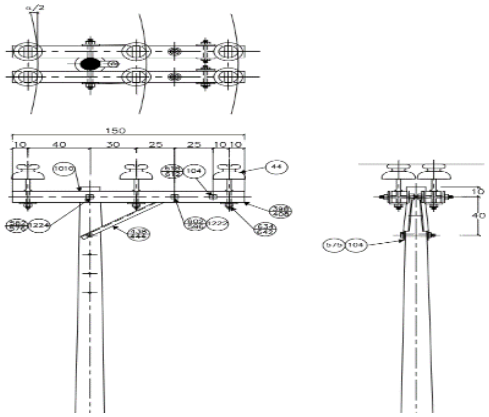
Postes para media tensión. Postes nuevos de concreto de 12mx510kg.

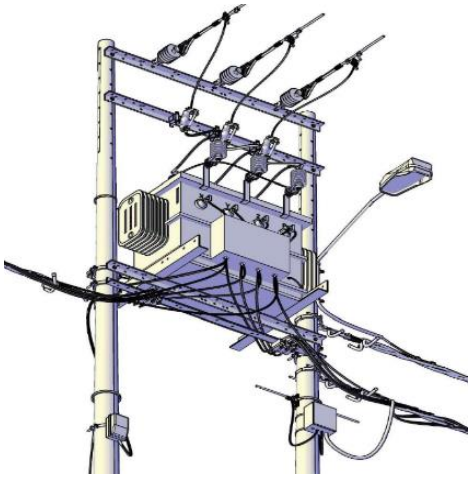
Retenidas. Las retenidas instaladas para la red de media tensión tienen las siguientes características:
El cable será de acero galvanizado. Con un calibre de 9.52 mm (3/8").
Número de alambres: 7
Clase de galvanizado: (1)
Resistencia mínima de rotura (kN): 58503
Grado: Extra Alta Resistencia.

Estructuras utilizadas para red de MT. Para cada uno de los postes de MT se utilizan las respectivas estructuras de diseño que se muestran a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 2. Estructuras de diseño red de MT

Tipo de estructuras utilizadas en red de MT	Imagen de la estructura
ICEL 730	 ***Imagen 2. Estructura derivación aérea trifásica con cortacircuitos en poste sencillo 13.2kv*** Fuente: (CELSIA, 2019)
ICEL 550	 ***Imagen 3. Estructura terminal horizontal simétrica trifásica 13.2kv*** Fuente: (CELSIA, 2019)

ICEL P110	 ***Imagen 4. Estructura de paso trifásica doble disposición triangular 13.2kv*** Fuente: (CENS, estructuras-13.2-kv.pdf, 2020)
ICEL 533	 ***Imagen 5. Estructura de paso doble disposición semi bandera trifásica 13.2kv*** Fuente: (CENS, estructuras-13.2-kv.pdf, 2020)

ICEL 711	 ***Imagen 6. Estructura montaje central transformador trifásico- H frente a la red 13.2 Kv*** Fuente: (CELSIA, 2019)

2.1.3. Diseño de red de baja tensión.

2.1.3.1. Análisis de nivel de tensión requerido para BT.

Baja tensión (BT): Tensiones nominales mayores o iguales a 25 v y menor o igual a 1000v.

2.1.3.2. Materiales.

Conductor: Cable trenzado de aluminio 3x2+1x2

Cajas de distribución tipo intemperie a instalar: tienen capacidad para conectar nueve usuarios.

Postes: En la red de baja tensión se utilizarán postes de concreto de 8mx510kg

Retenidas: Cable de acero galvanizado con un calibre de 6.4 mm (1/4”).

Número de alambres: 7

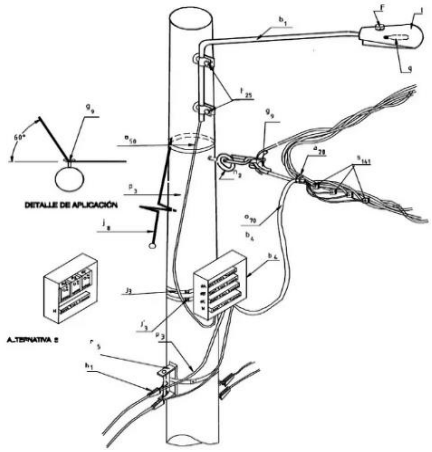
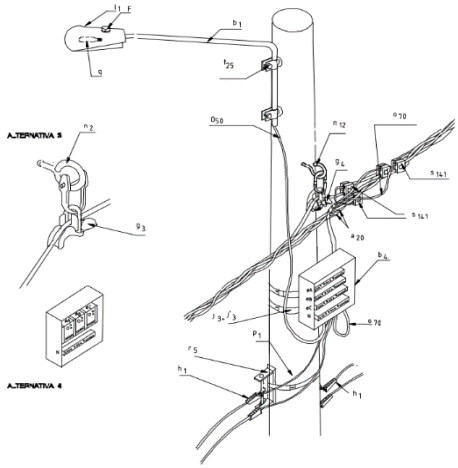
Clase de galvanizado: (1)

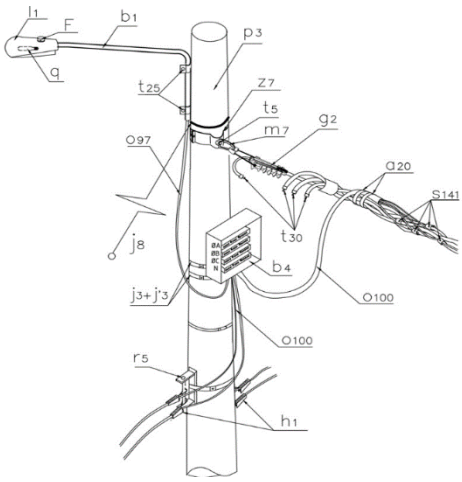
Resistencia mínima de rotura (kN): 58503

Grado: Extra Alta Resistencia.

Estructuras a utilizar en el diseño de red de baja tensión se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 3. Estructuras de diseño red de BT

Tipos de estructuras utilizadas en red de BT	Imagen de la estructura
LA324	 ***Imagen 7. Circuito secundario sencillo en conductor trenzado construcción angular*** Fuente: (CENS, red-trenzada.pdf, 2020)
LA320	 ***Imagen 8. Circuito secundario sencillo en conductor trenzado construcción en línea*** Fuente: (CENS, red-trenzada.pdf, 2020)

LA321	 ***Imagen 9. Estructura Final de circuito secundario sencillo en conductor trenzado.*** Fuente: (CENS, red-trenzada.pdf, 2020)

2.1.4. Diseño eléctrico para las viviendas unifamiliar en la urbanización San Gerardo.

La urbanización San Gerardo, como ya se mencionó anteriormente, cuenta con 22 viviendas tipo unifamiliar, cada una de las viviendas tiene una medida de 6 metros de ancho por 12 metros de largo y cuentan con el mismo diseño de construcción. En la siguiente imagen se presenta el diseño de cómo están distribuidas las 22 viviendas en el plano.

De igual manera se muestra el plano arquitectónico de cómo están construidas las 22 viviendas en su parte interior y sus respectivas dimensiones en metros. Yaqué todas llevarán el mismo diseño eléctrico.

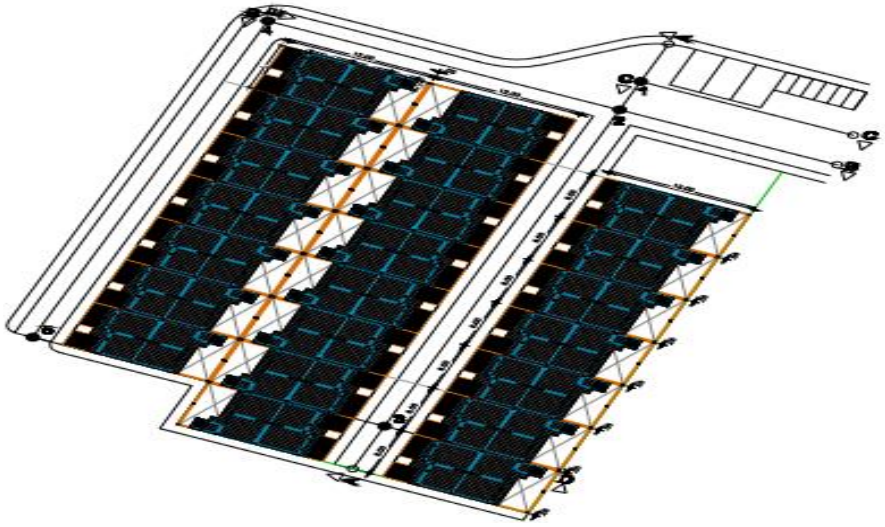


Imagen 10. Plano aéreo, 22 viviendas unifamiliares, urbanización San

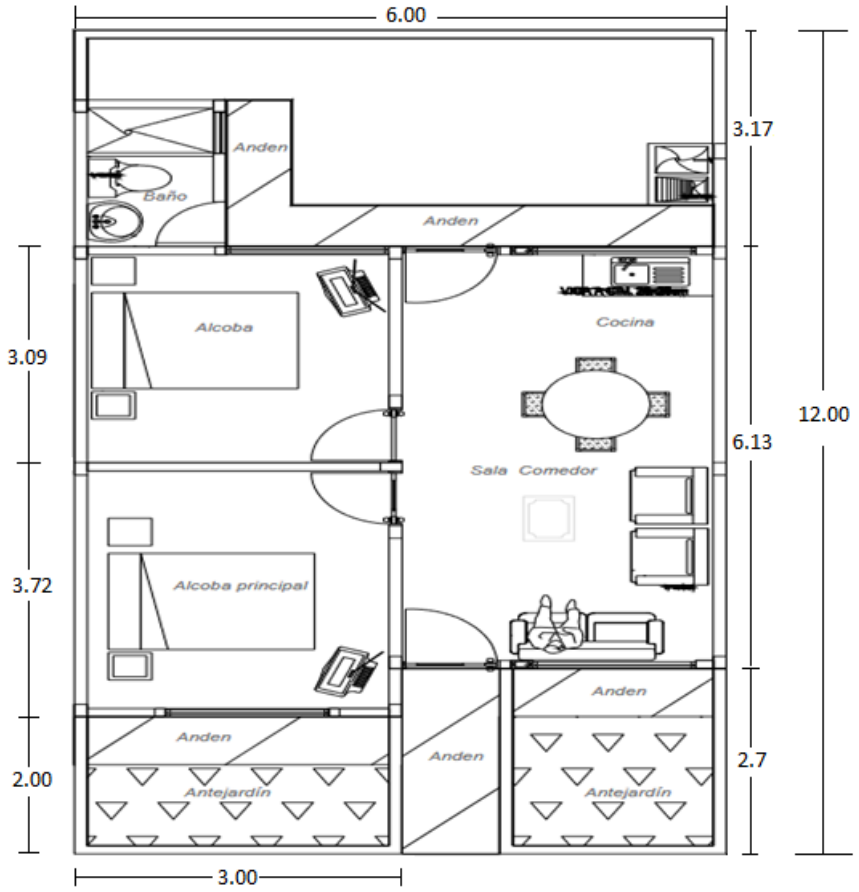


Imagen 11. Plano, vivienda unifamiliar, urbanización San Gerardo

Con el plano arquitectónico de la vivienda se procede con el diseño del plano eléctrico, el cual cuenta con un tablero de distribución con cinco circuitos independientes y se deja uno para reserva, ya sea para ducha u otro circuito de interés por el usuario.

Tabla 4. Circuitos seleccionados para las viviendas

Circuito 1	Iluminación
Circuito 2	Tomacorrientes sala, comedor, alcobas y baño
Circuito 3	Tomacorrientes cocina
Circuito 4	Tomacorriente para lavadora
Circuito 5	Tomacorriente estufa mixta
Circuito 6	Reserva

Se realiza la respectiva distribución de los circuitos desde el tablero de distribución hasta el lugar adecuado de la vivienda, cada circuito está representado por un color diferente de línea de trazado y con un código para el reconocimiento del mismo, para este diseño se hizo uso de la simbología RETIE del artículo 6 simbología y señalización la cual es requerida para la instalación de sistemas eléctricos en Colombia.

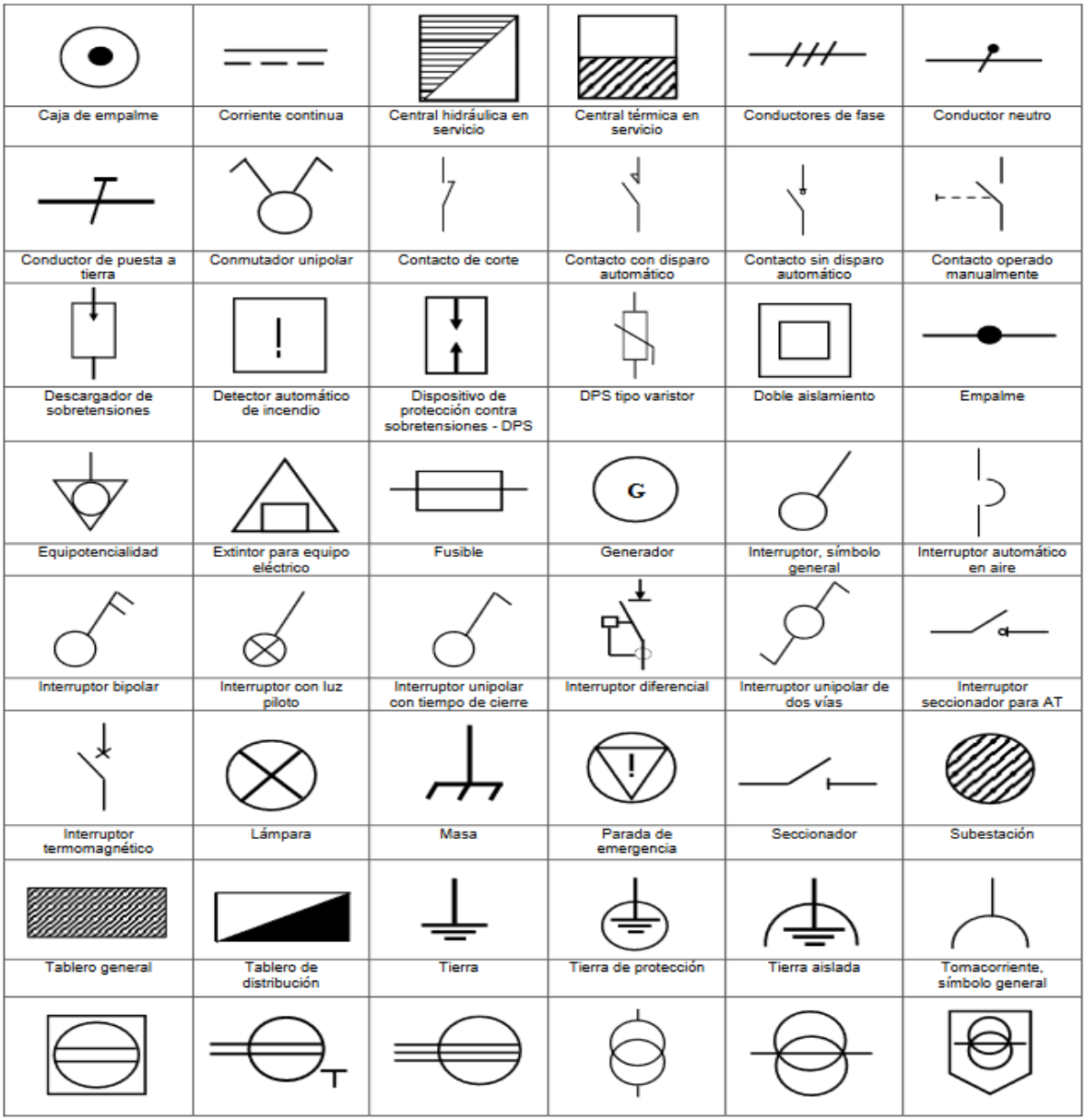


Imagen 12. Símbolos eléctricos RETIE

Fuente: (GUTIERREZ, 2013)

Para la finalización de este diseño se hacen los cálculos correspondientes como el cuadro de cargas del tablero de distribución general, regulación de tensión, balance de cargas, cálculo de canalizaciones, perdidas de energía, verificación de conductores y cálculo de capacidad de transformación el cual se hace teniendo en cuenta el criterio de la tabla de demanda máxima diversificada para estrato bajo, anexo 3 de la norma técnica de diseño y construcción de centrales eléctricas de Nariño S.A.E.S.P. (CEDENAR, 2019).

Como resultado se presenta los planos y diagramas unifilares elaborados en el programa AutoCAD.

2.1.5. Mantenimiento a cuartos eléctricos en centro comercial Unicentro.

Al realizar una inspección a los cuartos eléctricos del centro comercial Unicentro se observó que se requiere de suma importancia la realización de un mantenimiento preventivo el cual consiste en la limpieza de los tableros de distribución, equipos eléctricos existentes y limpieza en general, se ajustó la tornillería para que no existan calentamientos por falsos contactos, se verificó que los conductores se encuentren en buen estado, se señalizó con símbolos de riesgo eléctricos las partes visibles de los cuartos con símbolos de prohibición o información y prevención de accidentes como lo exige el reglamento técnico de instalaciones eléctricas artículo 6 inciso 6.2 señalizaciones de seguridad, se señalizaron las canalizaciones con una franja de color Naranja de 10 cm de ancha así para poder distinguirlas de las diferentes canalizaciones de los demás usuarios presentes en estos cuartos y se realizó mantenimiento al sistema puesto a tierra. En las siguientes imágenes se evidencia algunos problemas encontrados y algunos de los pasos realizados para dar solución a estos, en el capítulo de resultados se encontrará toda la información del antes y después del mantenimiento realizado.

Imagen 13. Conductores en mal estado

Imagen 14. Simbología no adecuada

Imagen 15. Tableros y canalizaciones sin señalización

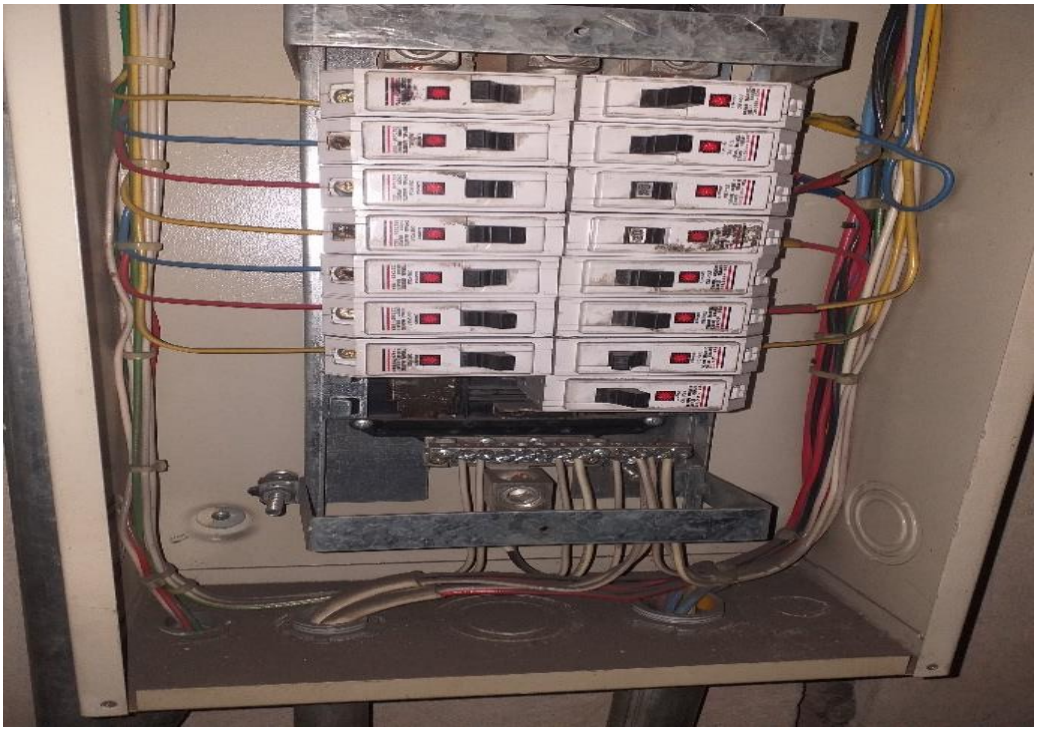


Imagen 16. Desmontaje de gabinetes y parte interna, tableros de distribución

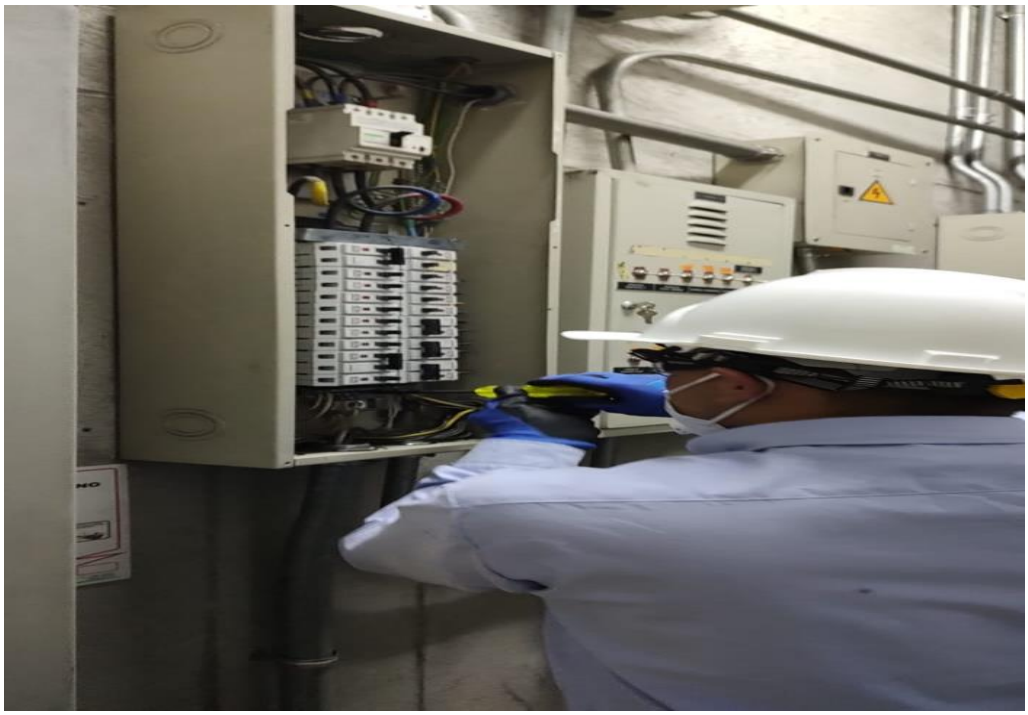


Imagen 17. Ajustando tornillería a tableros de distribución

Imagen 18.Sistema de puesto a tierra antes del mantenimiento

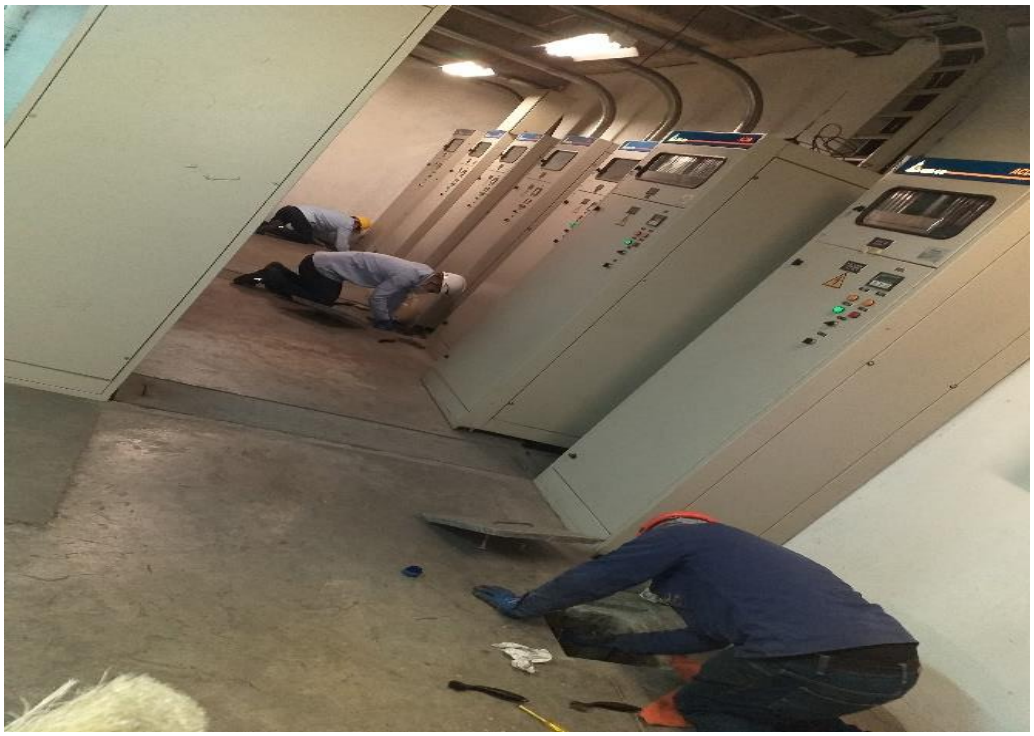


Imagen 19. Mantenimiento a sistema de puesto a tierra

2.1.6 Instalaciones eléctricas a la subestación Tasquita.

El municipio de Mosquera queda ubicado en el departamento de Nariño, en la zona costera, en esta región se comenzó a construir La subestación eléctrica de 300KVA, 34.5/13.2 KV tipo pedestal, la subestación lleva ya más de un año en construcción y por ciertos motivos no llegaron a finalizar este proyecto. Ahora se vuelve a retomar y se decide viajar hasta este lugar para cumplir con el objetivo que es darles finalización a las instalaciones eléctricas restantes. Para llegar a este lugar se tuvo que viajar ocho horas, cuatro horas en automóvil y las otras cuatro en lancha por mar adentro. El primer día de trabajo se observó que La subestación cuenta con instalaciones de las líneas de 34.5 Kv y estructuras las cuales contienen el montaje de los DPS, corta circuitos, TCs, TPs, Reconectador y un transformador de 0.5KVA para la alimentación del tablero de control del Reconectador.

Imagen 20. Equipos conectados en la estructura de 34.5 KV

Existe una plataforma de concreto donde se encuentra montado el transformador de 300KVA, 34.5/ 13.2KV con un peso de 3000 kilogramos, esta base cuenta con una habitación pequeña de ladrillo por debajo del transformador para almacenar y soportar el peso de los conductores.

Imagen 21. Base de concreto para el soporte del transformador más estructura de equipos de las líneas de 34.5Kv para la entrada y estructura para las líneas de salida de 13.2 Kv del trasformador.

Imagen 22. Entrada y salida del transformador

Imagen 23. Estructura para las líneas de 13.2 Kv con montaje de DPS y Cortacircuitos.

2.1.7. PROCESOS REALIZADOS PARA DAR FINALIZACIÓN A LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LA SUBESTACIÓN TASQUITA.

2.1.7.1. Instalación de canalización y conductores para la conexión del Reconectador a la entrada del transformador 34.5 Kv y conexión de salida del transformador a las líneas de 13.2 Kv.

Se realizó el montaje de las canalizaciones para los conductores que conectan a la entrada y salida del transformador, para lograr esto se hizo las respectivas mediciones de distancia entre las estructuras de las líneas y la habitación de ladrillo donde van soportadas las canalizaciones, realizando una perforación para incrustar cada tubo hacia la parte de adentro de la habitación como se muestra en la figura 24. Ya que en la construcción de esta misma no se tomó en cuenta en dejar el agujero para las canalizaciones. Para subir cada canalización fue necesario de la lancha la cual nos trasportaba al sitio de trabajo, se utilizó la lancha debido a que la marea subía y era imposible subirla desde el agua, porque el agua salada daña el material muy rápidamente. Para finalizar esta actividad se ingresó los conductores por la canalización como se observa en la figura 27.

Imagen 24. Montaje de canalizaciones para conductores de conexión

Imagen 25. Perforación para la canalización en la habitación donde se almacenan los conductores de conexión del transformador.

Imagen 26. Montaje de canalización en estructuras.

Imagen 27. Pasando los conductores por la canalización a la parte de adentro de la habitación de almacenamiento

Imagen 28. Canalizaciones instaladas con los conductores de conexión al transformador.

2.1.7.2. Construcción de malla de encerramiento para la subestación Tasquita.

Se apoyó en la construcción del encerramiento de malla alrededor de la subestación para brindar seguridad y que personas no autorizadas ingresen a este lugar, también sirve de soporte para los equipos de medida y equipo de control del Reconectador. A continuación, se presenta el plano de diseño de encerramiento construido para esta subestación.

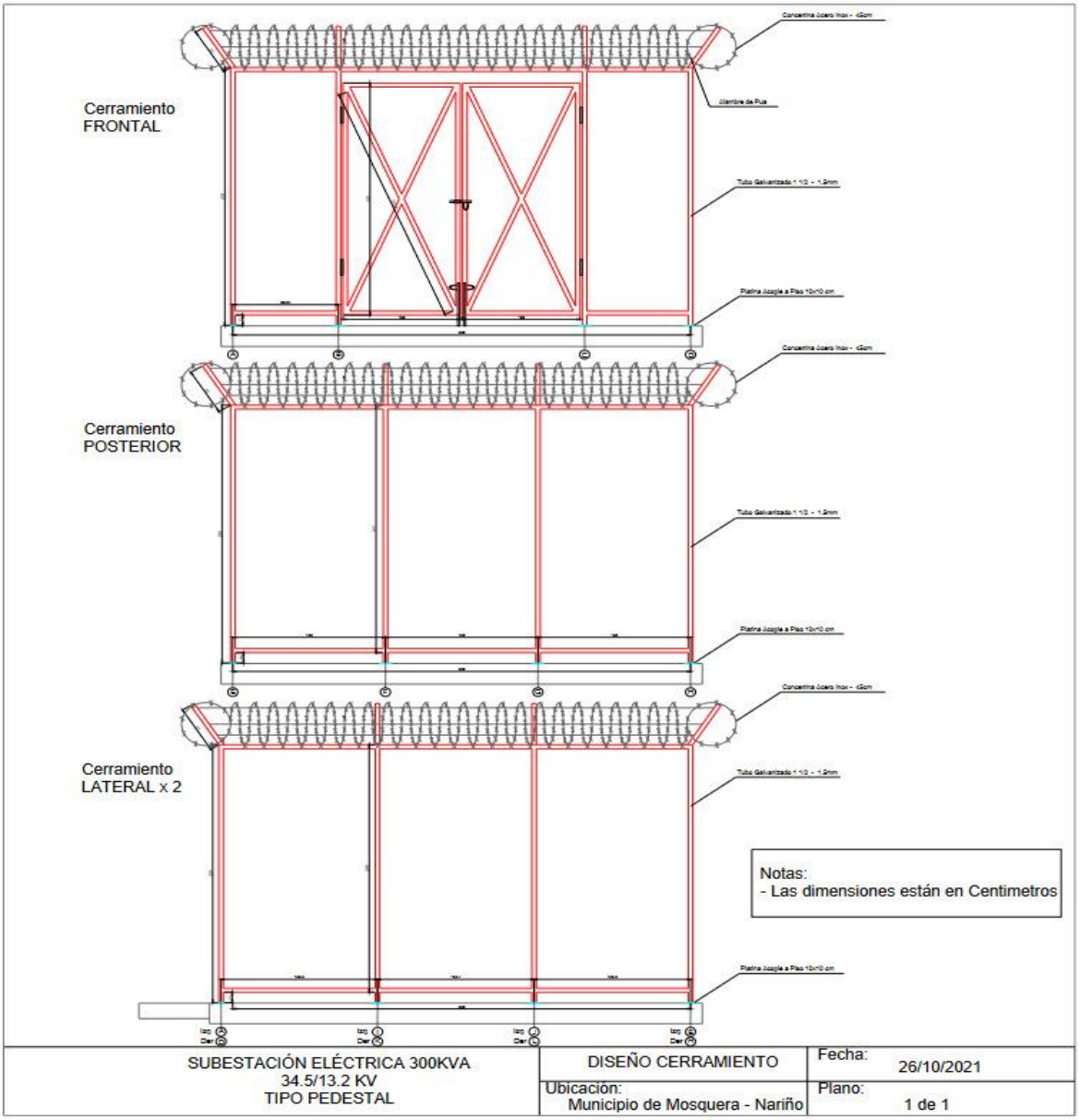


Imagen 29. Diseño de construcción de encerramiento para la subestación Tasquita.

Fuente: (Rincon, 2021)

Imagen 30. Comienzo con el encerramiento de la malla

Imagen 31. Encerramiento pintado para el comienzo de la instalación de la malla

Imagen 32. Comienzo de instalación de malla

Imagen 33. Malla de encerramiento instalada

2.1.7.3. Instalación de transformadores de corriente TCs, de tensión TPs en el medidor principal y medidor de respaldo e instalación del tablero de control para el Reconectador.

La subestación cuenta con frontera comercia, es decir, es el punto del sistema eléctrico donde se comercializa energía, sea vendiendo o comprando el suministro eléctrico, o también existe frontera comercial cuando se transforman diferentes niveles de tensión, como lo es en este caso de transformación de 34.5Kv/13.2 Kv.

Por ser frontera comercial es necesario realizar la instalación de medida de respaldo, la cual consiste en la instalación de otro medidor aparte del medidor principal. La función de esta medida de respaldo es corroborar que el sistema de medición se encuentre en correcto estado de funcionamiento y cumpla con los requisitos de conformidad y exactitud conforme a los requisitos establecidos por la norma CREG 038 de 2014. (CREG, 2014)

En primer lugar, se empezó con la instalación de los gabinetes para las borneras de prueba, medidores y instalación del tablero de control, como se evidencia en las siguientes imágenes, los cuales fueron sujetados con rieles y tornillos quedando fijos.

Imagen 34. Tablero de control, gabinetes para los medidores y borneras de pruebas

Imagen 35. Medidores y borneras de pruebas instalados en sus respectivos gabinetes.

Para realizar la conexión de los equipos fue necesario instalar la canalización utilizando terminales para realizar el empalme de la canalización con las tapas de los bornes de los tres TCs existentes y los tres TPs, también utilizando uniones tipo T y uniones tipo L para lograr una buena distribución y un excelente empalme entre la canalización y las partes de los medidores y así poder trasportar los contutores desde la los equipos TCs, TPs y llevarlos a los medidores.

Para Realizar la conexión desde los trasformadores de medida TCs, TPs y los medidores se utiliza el diagrama de configuración para la conexión del medidor principal y medidor de respaldo que se muestra a continuación en la imagen 35, de igual forma se presenta las imágenes del proceso para la instalación de los equipos de medición y en el capítulo de resultados se reflejara la instalación completa.

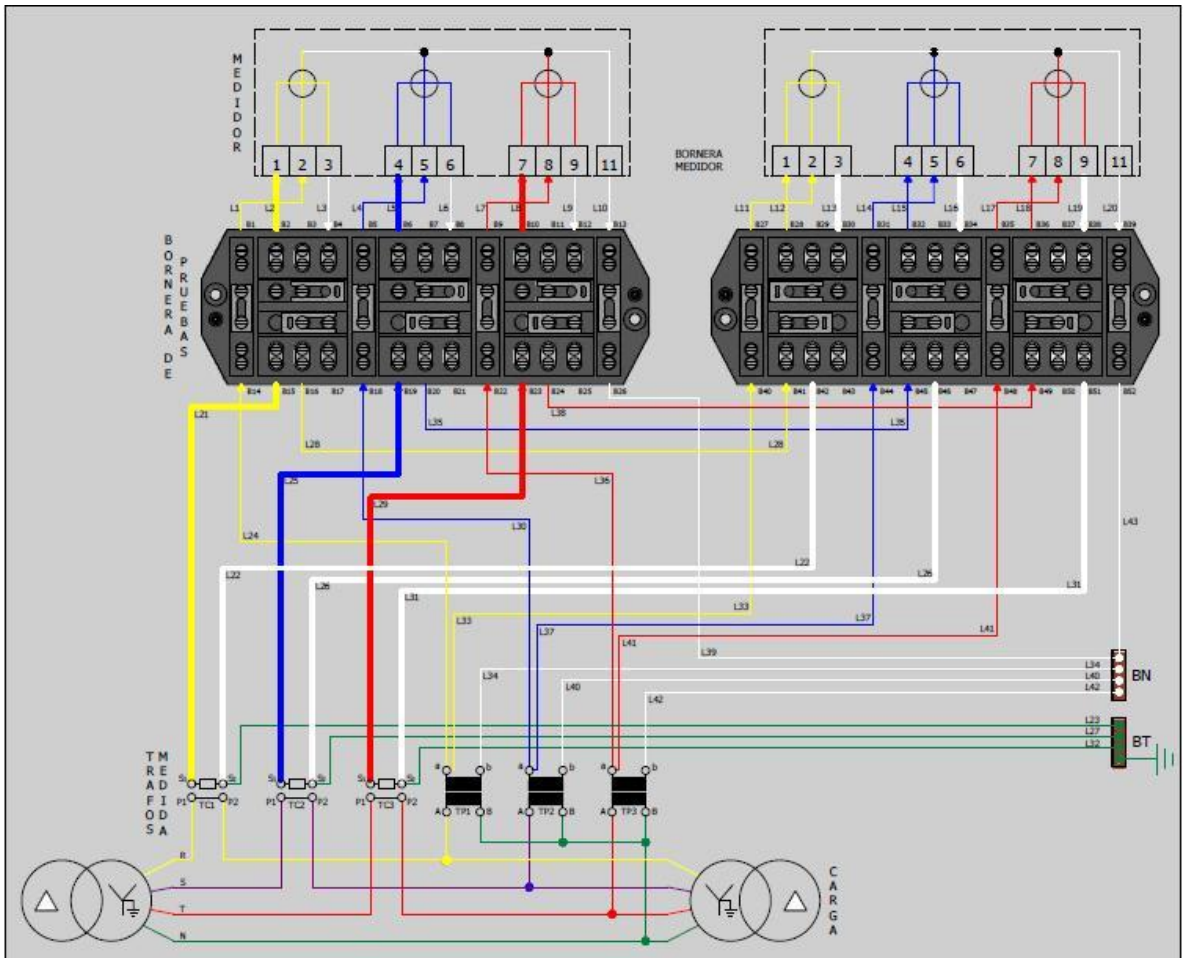


Imagen 36. Medida indirecta. Diagrama de conexión entre los equipos de medidas con 3 TCs, 3 TPs, medidor principal y medidor con respaldo.

Fuente: (CENS, 2020)

Imagen 37. Canalización coraza en material metal-plástico

Imagen 38. Instalación de canalización y cable de control 7x12+12 de conexión para los equipos de medida

Imagen 40. Cable de control 7x12+12 descubierto y listo para realizar las conexiones

Imagen 39. Conexión de equipos de medida TPs y TCs

Imagen 41. Apoyo en la conexión de los equipos de medida TCs y TPs.

Imagen 42.Apoyo en la conexión de los medidores

Imagen 43. Realizando la conexión del medidor principal.

2.1.7.4. Procesos realizados en la instalación eléctrica del transformador 300KVA. 34.5Kv/13.2Kv

Para la instalación eléctrica del transformador se realizó los premoldeados de las terminales del conductor de las partes externas e internas que conecta el transformador.

Premoldeados: Empalmes diseñados para mantener la integridad del aislamiento y apantallamiento original del cable, fabricados en material siliconado de alta constante dieléctrica, sellados contra la humedad, resistentes a la llama y alta resistencia mecánica. Los premoldeados forman parte de las mismas redes de distribución que los cables y equipos y dada la importancia que tiene la continuidad del servicio, estos cumplen con lo establecido en la especificación técnica Conectores, Empalmes y Terminales premoldeados ET-TD-ME12-01.

En la salida de 13.2Kv se utilizó cable número 4/0 AWG de aluminio con nivel de aislamiento del 100%, el cual se tiene en cuanta para realizar los terminales premoldeados exteriores que conecta a la línea de 13.2kv y a la parte interior con premoldeados tipo codo de la salida del transformador, para realizar estos procedimientos se hizo uso de los manuales que traen los kits de estos equipos. En las siguientes imágenes se presenta el proceso realizado para los premoldeados de 13.2Kv.

Imagen 44. Retiro de chaqueta de protección del conductor.

Imagen 45. Se quito con liga la capa semiconductora y se instala la terminal de ojo.

Imagen 46. Instalación del apantallamiento a tierra y cintas de aisladoras para asegurar el contacto entre los cables de cobre y la cinta a tierra.

Imagen 47. Terminal premoldeados exteriores para las líneas de 13.2Kv

Para los terminales premoldeados interior tipo codo se realizó el mismo procedimiento con el conducto, la diferencia que en este caso cambia con el equipo a tipo codo y se siguió el procedimiento con manual de instrucciones de instalación.

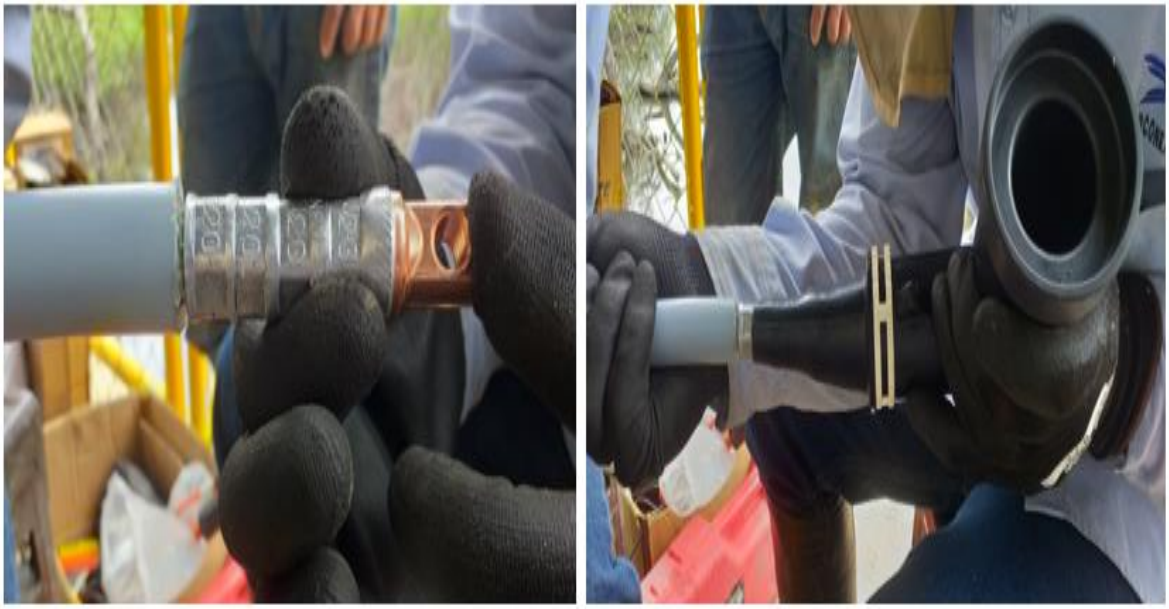


Imagen 48. Instalación del premoldeados tipo codo.

Imagen 49. Premoldeados parte interna 13.2Kv

Para la entrada de 34.5 Kv se utilizó cable número 2/0 AWG de cobre con nivel de aislamiento del 133%, lo cual fue un poco más difícil lograr el descubrimiento de los conductores para realizar el paso a paso del manual con los premoldeados, pero se logró realizarlos de la misma forma que se realizaron en las evidencias anteriores, los premoldeados de la parte exterior que conecta al Reconectador prácticamente fue el mismo procedimiento y para la parte interior solo cambia que es más largo el tramo de descubrimiento y se utiliza un aislador más de material siliconado.

Imagen 50.Terminales premoldeados exteriores para la entrada del transformador 34.5Kv

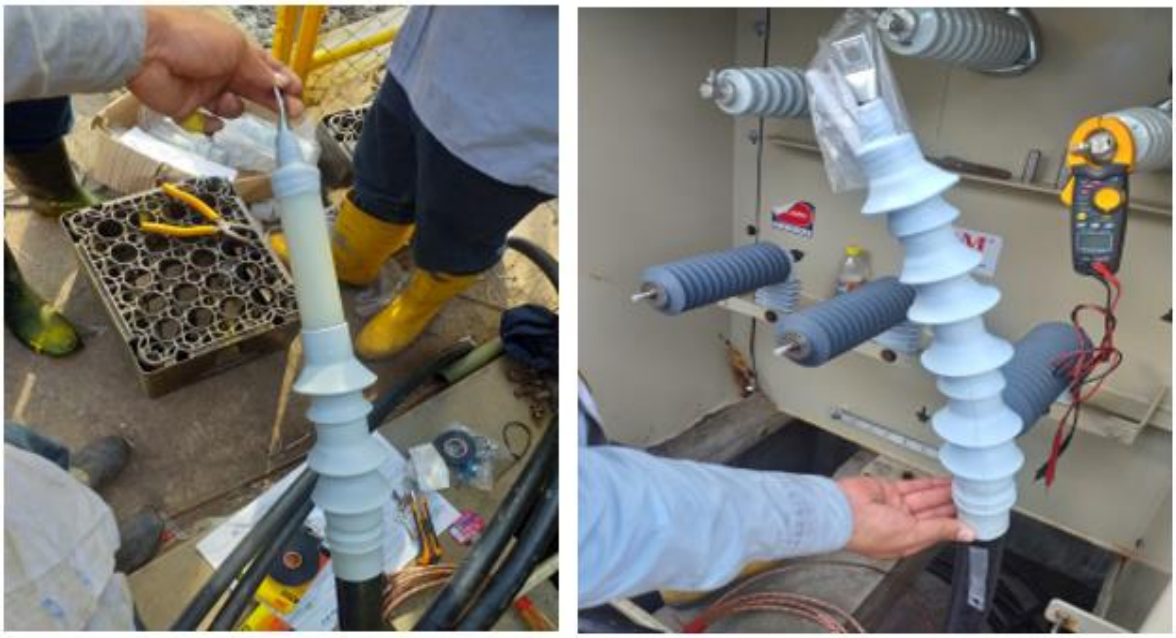


Imagen 52.Terminales premoldeados interiores para la entrada del transformador 34.5Kv

Imagen 51. conexión de sistema puesta a tierra

Imagen 53. Conexión a tierra de los DPS y conexión de los DPS a los bornes del transformador

2.1.7.5. Instalación de malla de puesta a tierra.

Se conectó todos los equipos a puesta tierra y se realizó la instalación de la malla a tierra utilizando los equipos adecuados, un molde, soldadura exotérmica, pólvora y chispitas mariposas para encender la pólvora de una mejor forma. Se unen los cables con la varilla de cobre de 2.4 metros, lo cual es la longitud mínima exigida en el reglamento técnico de instalaciones eléctricas.

Imagen 54. Instalación de malla puesta a tierra, unión de cable de cobre con varilla de cobre de 2.4 metros.

2.2. DESCRIPCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS CONCEPTUALES Y METODOLÓGICAS UTILIZADAS EN LA PRÁCTICA EMPRESARIAL.

AutoCAD: Con esta herramienta tecnológica se desarrollaron los planos arquitectónicos Y de distribución de las redes de MT, BT Y uso final, permitiendo así mostrar los diseños realizados para la urbanización San Gerardo.

ECXEL: Programa utilizado para realizar los cálculos correspondientes al diseño de las redes de MT, BT y uso final para la urbanización San Gerardo.

TELURÓMETRO: Equipo con el cual se pudo realizar la medición de la resistencia de la malla puesta a tierra en la subestación Tasquita.

CAPÍTULO III- RESULTADOS

3.1. DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

3.1.1. Resultados de diseño para redes de media tensión, baja tensión y uso final.

Los resultados para este diseño fueron los esperados por la empresa, ya que este diseño fue presentado al operador de red del departamento de Nariño, CEDENAR S.A.E.S.P. y fue aprobado por ellos para iniciar su construcción. A continuación, se muestra el plano de red de MT y BT realizado para la urbanización San Gerardo del Municipio de La Cruz, departamento de Nariño.

Imagen 55. Redes de MT

En la imagen 55. Tenemos la red de media tensión, donde podemos evidenciar de manera clara la distribución y el tramo recorrido para llegar hasta la urbanización San Gerardo. Se puede observar las estructuras utilizadas en cada tramo, sus longitudes de recorrido por tramo y sus respectivas retenidas. El recorrido de esa red es por la orilla de la vía que comunica a la urbanización, lo cual no fue necesario presentar un permiso de que las redes crucen por algún predio privado.

Tabla 5. Longitudes de poste a poste red de MT

Tramo de poste a poste red MT	Longitud en metros
M0-M1	100 m
M1-M2	105 m
M2-M3	85 m
M3-M4	64 m
Total, recorrido de red de media tensión = 354 m	

Se realizaron los cálculos de regulación y perdidas para media tensión.

CALCULO DE REGULACIÓN Y PÉRDIDAS PARA MEDIA TENSIÓN

Roberth Argoty

Departamento del NARIÑO	Municipio de La Cruz	MT
CONSTRUCCIÓN, DE REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA PARA LA URBANIZACION SAN GERARDO, EN LA VEREDA SAN GERARDO, EN EL MUNICIPIO DE LA CRUZ, DEPARTAMENTO DE NARIÑO.		

Circuito Nº:		1
Subestación / alimentador (2F/3F):		3F
KVA instalados	30	KVA
DD (total)	22.51	KVA

Nº de Transformadores:			1
% Desperdicio	7%	% Reg Max	5.0
Usuarios	22	Estrato	1
F.P.	0.95	Voltaje	13200

Conductor ACSR Calibre	Kg	K	Rca (Ω/Km)	Longitud Total (m)
	146.65	9.7975E-07	1.717	
2	97.28	6.6395E-07	1.108	1,136
1/0	62.44	4.6335E-07	0.716	
2/0	48.88	3.9110E-07	0.580	
	48.24	2.8312E-07	0.383	

Monofasico		Trifasico	
Demanda al final del período	Capacidad	Demanda al final del período	Capacidad
RANGO - KVA	KVA	RANGO - KVA	KVA
0-18	15	0-33	30
19-30	25	34-48	45
31-44	37.5	49-81	75
45-94	75	82-114	112.5
95-	150	115-156	150

N1	N2	Longitud metros	Calibre Conductor	Tipo Red	No. Usuarios	Demanda KVA	Momento	Regulación %	Total	Voltaje Corregido	KVA Total Tramo	Perdidas Tramo KW	Perdidas Acumuladas	Porcentaje de Perdidas
0	1	100	2	FFF	22	30.0	3,000.00	0.320	0.320	13,157.76	30.002	0.001	0.002	0.01%
1	2	105	2	FFF	22	30.0	3,150.00	0.002	0.322	13,157.48	30.001	0.001	0.002	0.01%
2	3	85	2	FFF	22	30.0	2,550.00	0.002	0.324	13,157.26	30.000	0.001	0.001	0.00%
3	4	64	2	FFF	22	30.0	1,920.00	0.001	0.325	13,157.09	30.000	0.000	0.000	0.00%

Se obtuvo los cálculos de la red de media tensión utilizando la distancia de tramos, calibre del conductor con el tipo de red, con 22 usuarios que componen la urbanización San Gerardo para una potencia instalada de 30 KVA como se observa en la anterior imagen.

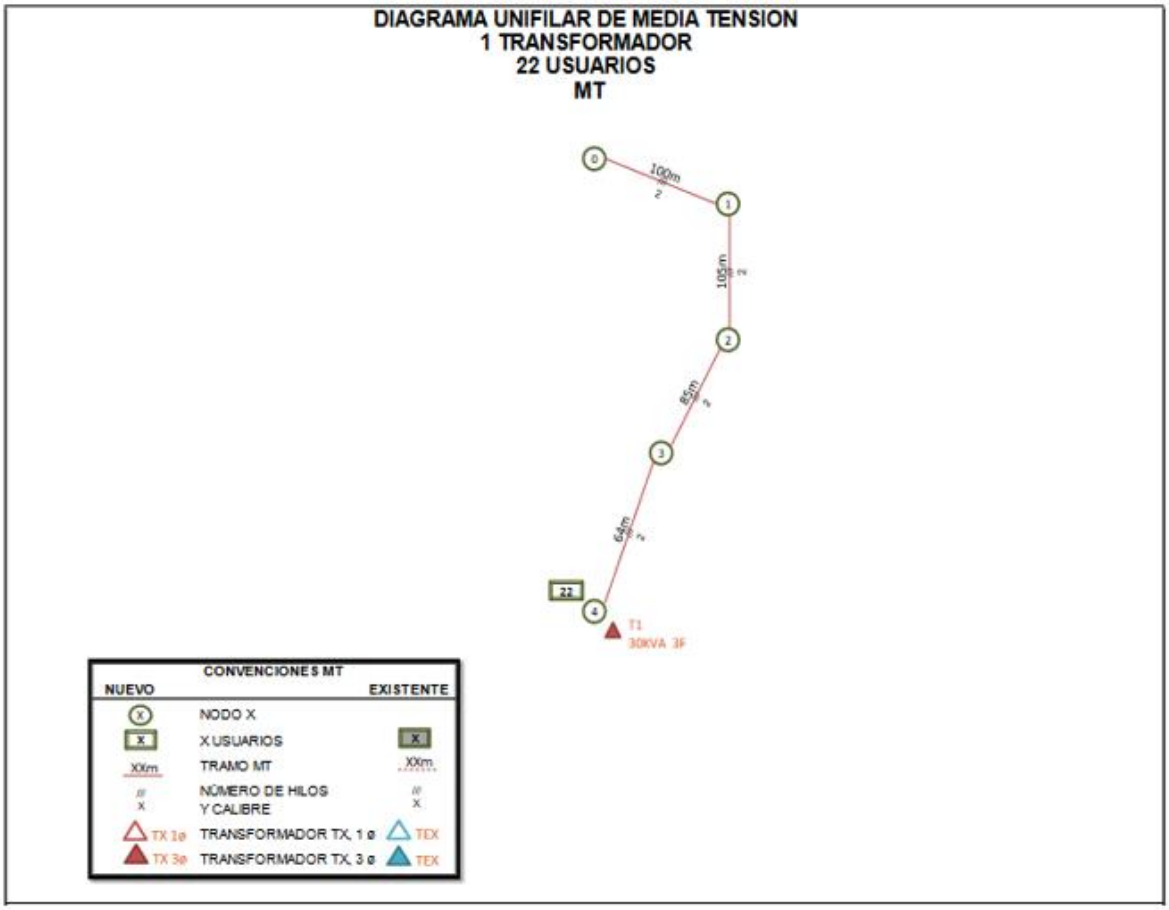


Imagen 56. Diagrama unifilar red de MT

En el anterior diagrama se puede observar las distancias de cada uno de los nodos de conexión, los cuales representan a cada uno de los postes diseñados en el plano de red de media tensión.

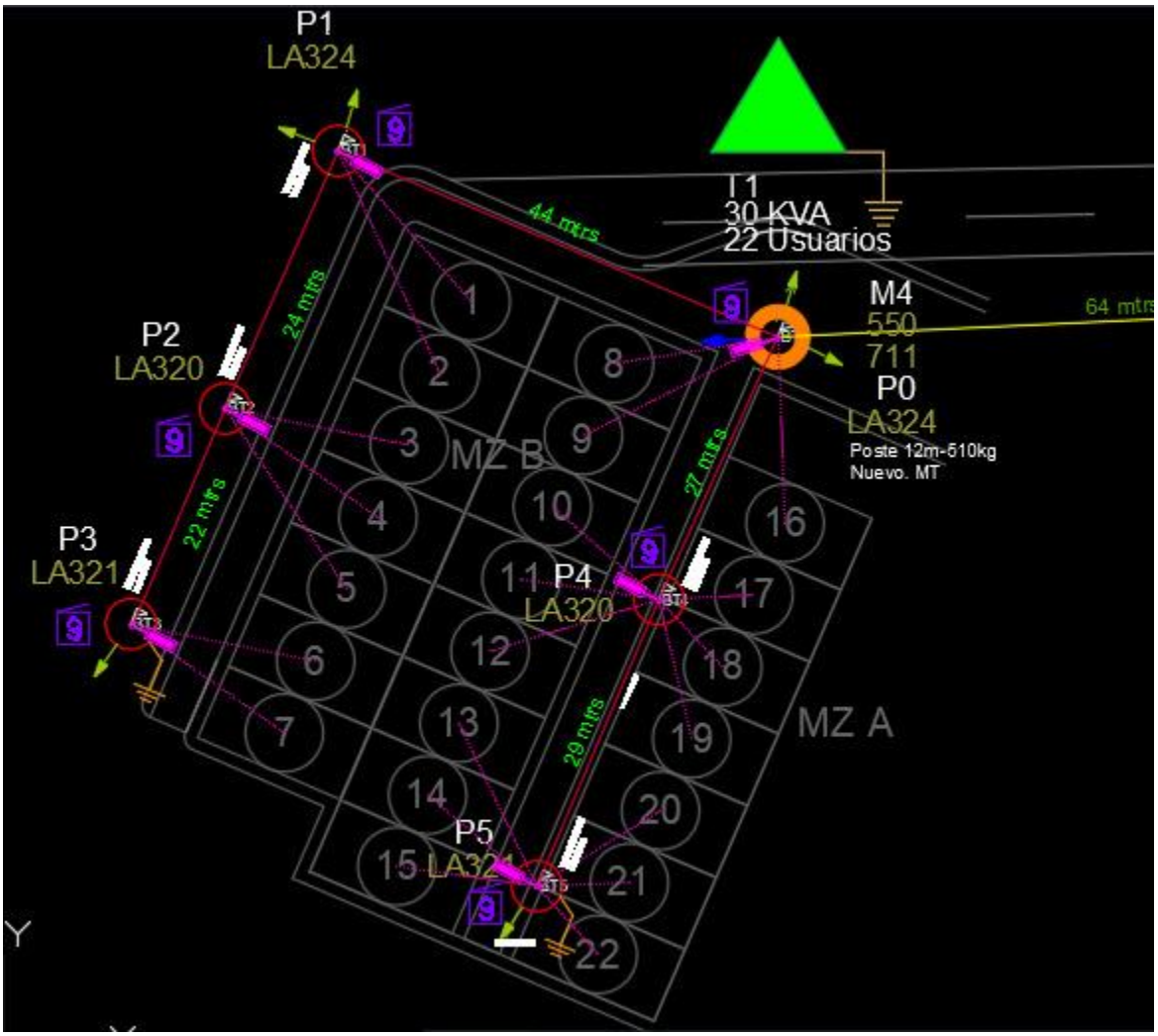


Imagen 57. Red de BT distribuida en la urbanización de San Gerardo

En la imagen 57, se evidencia el diseño de construcción para la red de baja tensión distribuida en la urbanización San Gerardo, presentada en el plano como las 22 viviendas que la conforman, en el diseño se mira claramente la distribución de la red por medio de los postes los cuales contienen cajas de derivación para nueve usuarios de igual manera se observa las acometidas para cada una de las viviendas, estos postes también cuentan con el diseño de las farolas de alumbrado público como se observa en la imagen. Las dos estructuras LA321, las cuales son la finalización del circuito, están conectadas al sistema de puesta a tierra y con su retenida.

Tabla 6. Longitudes de poste a poste red BT

Tramo de poste a poste red BT	Longitud en metros
P0-P0	3 m
P0-P1	44 m
P1-P2	24 m
P2-P3	22 m
P0-P4	27m
P4-P5	29m
Total, de recorrido por la red de baja tensión = 49m	

A continuación, se presenta los cálculos obtenidos de la red de baja tensión

CALCULO DE REGULACIÓN Y PÉRDIDAS PARA BAJA TENSIÓN

Roberth Argoty

Departamento del NARIÑO	Municipio de La Cruz	T 1

CONSTRUCCIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA PARA LA URBANIZACION SAN GERARDO, EN LA VEREDA SAN GERARDO, EN EL MUNICIPIO DE LA CRUZ, DEPARTAMENTO DE NARIÑO.

Transformador N°:		1
Subestación Aerea (1F/3F):		3F
Transformador:	30	KVA
DD	22.51	KVA

Existente	NO		
% Desperdicio	5%	% Reg Max	5.0
Usuarios	22	Estrato	1
F.P.	0.90	Voltaje	208

Conductor ACSR Calibre	Kg	K	Rca (Ω/Km)	Longitud Total (m)
	146.65	3.3897E-03	1.717	
2	97.28	2.2485E-03	1.108	613
1/0	62.44	1.4432E-03	0.716	
2/0	48.88	1.1298E-03	0.580	
	48.24	1.1150E-03	0.383	

Monofasico		Trifasico	
Demanda al final del período	Capacidad	Demanda al final del período	Capacidad
RANGO - KVA	KVA	RANGO - KVA	KVA
0-18	15	0-33	30
19-30	25	34-48	45
31-44	37.5	49-81	75
45-94	75	82-114	112.5
95-	150	115-156	150

N1	N2	Longitud metros	Calibre Conductor	Tipo Red	No. Usuarios	Demanda KVA	Momento	Porcentaje Regulación	Total Regulación	Voltaje Corregido (V)	Demanda Tramo (KVA)	Perdidas Tramo (KW)	Perdidas Acumuladas	Porcentaje Perdidas
0	1	44	2	FFFN	7	8.340	366.960	0.825	0.825	206.28	8.3704	0.0892	0.1196	0.53%
1	2	24	2	FFFN	5	6.120	146.880	0.330	1.155	205.60	6.1242	0.0262	0.0304	0.14%
2	3	22	2	FFFN	2	2.560	56.320	0.127	1.282	205.33	2.5600	0.0042	0.0042	0.02%
0	4	27	2	FFFN	12	13.490	364.230	0.819	0.819	206.30	13.5345	0.1431	0.1876	0.83%
4	5	29	2	FFFN	6	7.250	210.250	0.473	1.292	205.31	7.2500	0.0445	0.0445	0.20%

Para los cálculos de red de baja tensión se tuvo en cuenta las dimensiones de recorrido de la red por tramo de poste a poste o nodos de conexión, se determina la cantidad de usuarios conectados entre los nodos para poder determinar los demás valores que se evidencian en la tabla de los cálculos de baja tensión.

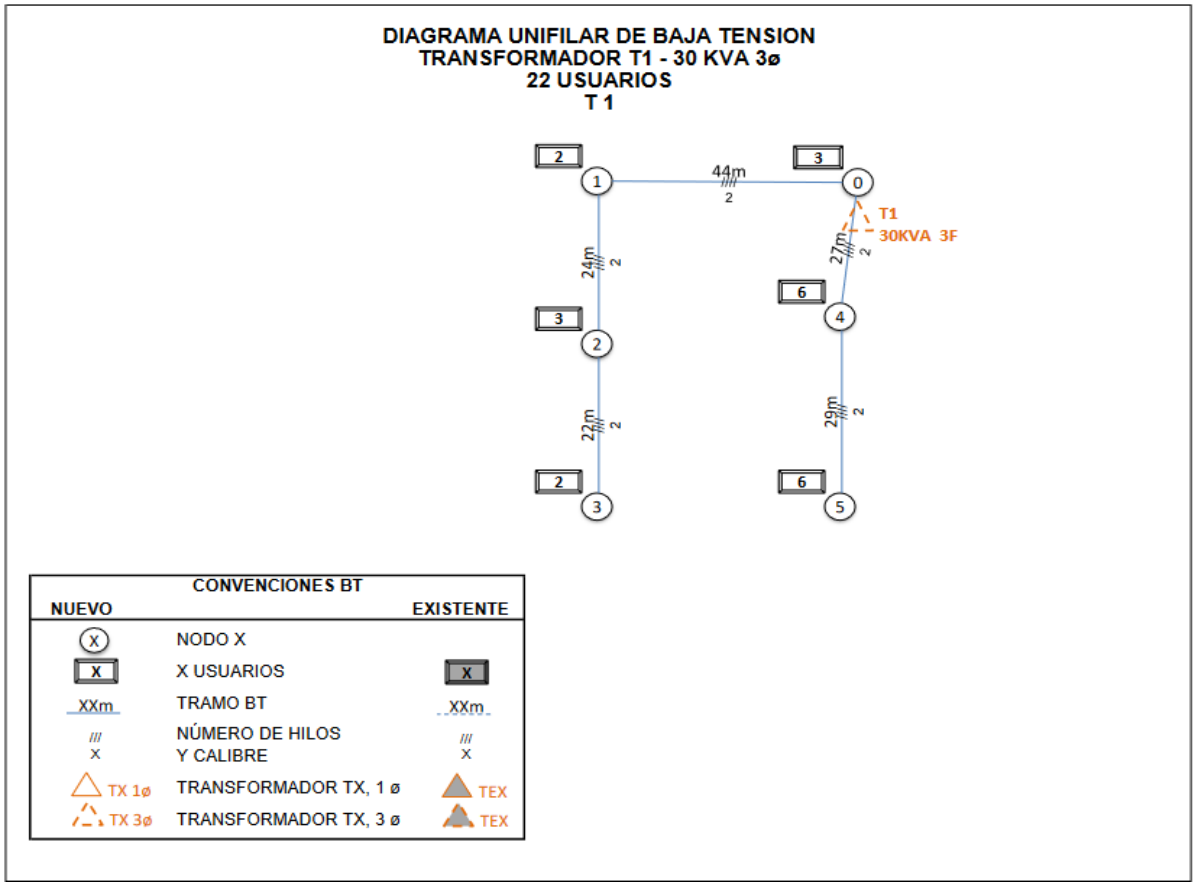


Imagen 58. Diagrama unifilar red de baja tensión.

En el diagrama se observa los nodos de conexión que representan a los postes presentados en plano, se observa una casilla con un número en cada uno de los nodos el cual representa el número de usuarios conectados a este. Por ejemplo, en el nodo 0 se puede mirar que se encuentra un 3 en la casilla, lo que nos quiere decir que a este nodo se encuentran conectados 3 usuarios, si nos regresamos al plano claramente vamos a encontrar esos tres usuarios conectados a este poste o nodo de conexión.

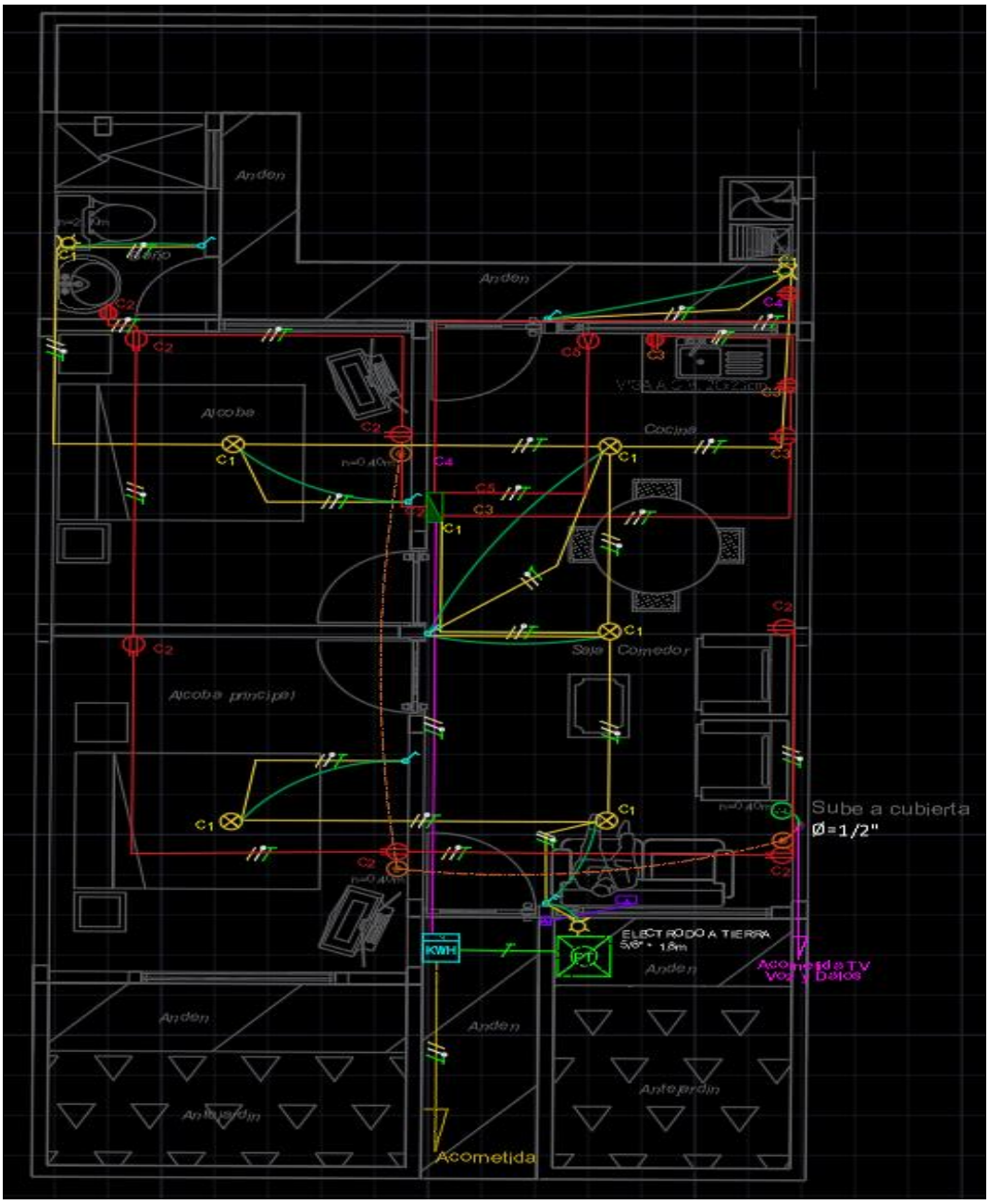


Imagen 59.Diseño eléctrico para las viviendas unifamiliares en la urbanización San Gerardo

En esta imagen podemos observar el diseño eléctrico realizado al plano arquitectónico de construcción de cada una de las viviendas de la urbanización, las cuales cuentan con un baño, dos habitaciones, una sala- comedor, una cocina, un andén con antejardín, y una zona de lavado. En este plano podemos mirar todo el diseño realizado y los circuitos distribuidos a la necesidad de los usuarios. Cada uno de los circuitos está señalizado con un código de circuidos con los números del 1 a 5 para su identificación, como se muestra en la figura 59.

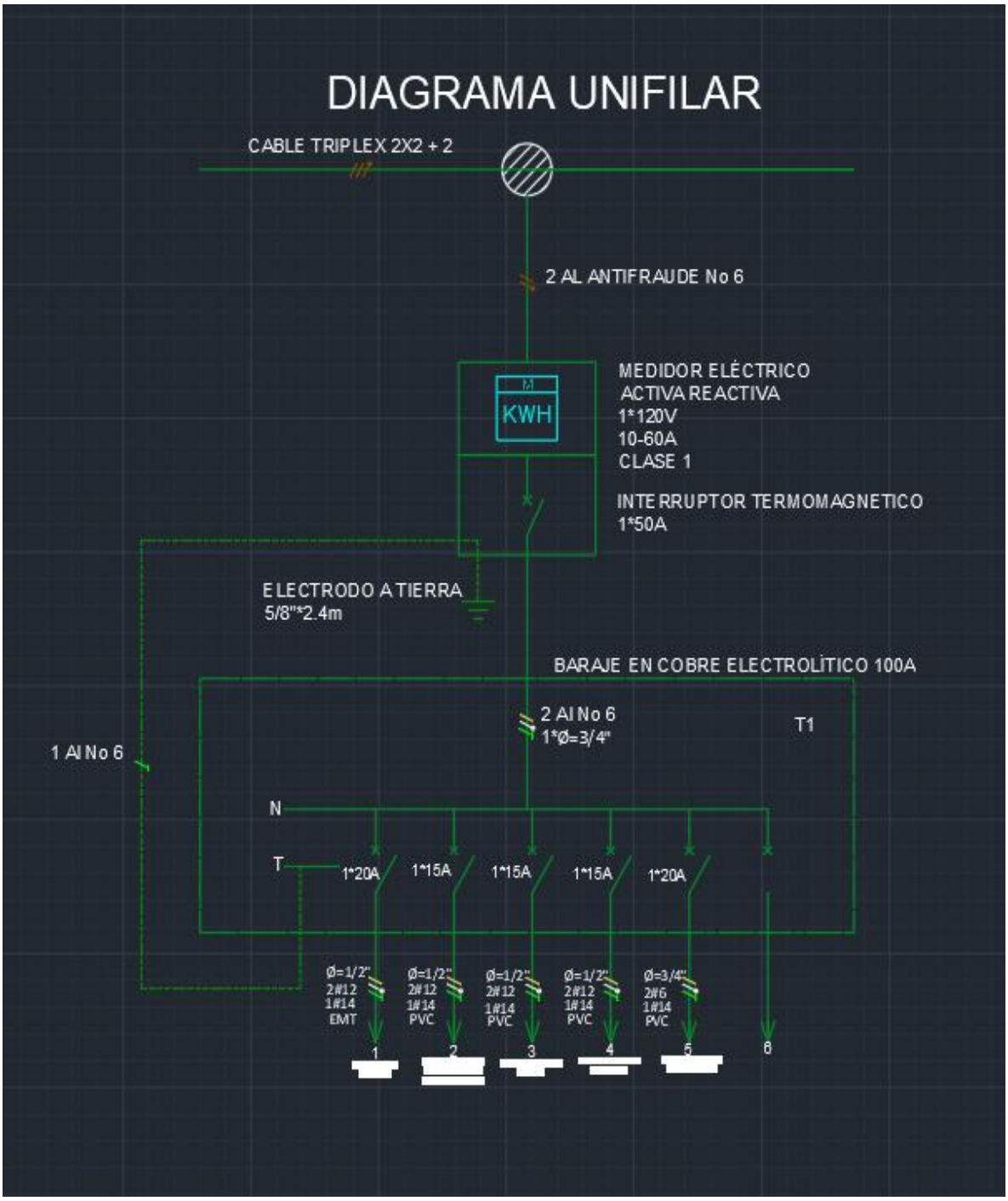


Imagen 60. Diagrama unifilar vivienda urbanización San Gerardo

Tabla 7. Cuadro de cargas tablero de distribución.

CUADRO DE CARGAS TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION

TDG

PROYECTO: URBANIZACIÓN SAN GERARDO
DESCRIPCIÓN CUADRO DE CARGAS TABLERO - TGD
UBICACIÓN: SALA- COMEDOR — No DE CTOS: 1F-2H; 6CTOS

No DE CIRCUITO	DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO	SALIDAS Y DESCRIPCIÓN: CANTIDAD LUMI. No1	CANTIDAD FUERZA	DESCRIPCIÓN LUMINARIAS	DESCRIPCIÓN TOMAS	POTENCIA [W] LUMI. No1	POTENCIA [W] TOMAS	FP LUMI	POTENCIA TOTAL [W]	POTENCIA TOTAL [VA]
CTO 1	ILUMINACIÓN VIVIENDA	8		PLAFON		10		0.90	80	89
CTO 2	TOMACORRIENTES SALA, COMEDOR,ALCOBAS Y BAÑO		7		2P+T NEMA 6-30R		180	1.00	1260	1260
CTO 3	TOMACORRIENTES COCINA		3		2P+T NEMA 5-15R		180	1.00	540	540
CTO 4	TOMACORRIENTE LAVADORA		1		2P+T NEMA 5-15R		180	1.00	180	180
CTO 5	TOMACORRIENTE ESTUFA MIXTA		1		ESPECIAL		360	1.00	360	360
CTO 6	RESERVA									
								TOTAL	2,420	2,429

DEMANDA DIVERSIFICADA	
Primeros 3000 al 100%	2,429
De 3001 a 120000 al 35%	0
APARTIR DE 120000 25%	0
DEMANDA [kVA]	2.43

NTC2050 TABLA 220.11"FACTOR DE DEMANDA PARA ALIMENTADORES"

El cuadro de cargas mostrado en la tabla 7 define los parámetros de los circuitos distribuidos desde el tablero de distribución, nos muestra la cantidad de luminarias, cantidad de tomacorrientes por circuito, factor de potencia, también calcula las potencias y nos muestra la demanda máxima diversificada.

Tabla 8. tablero de distribución

TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION

TDG

PROYECTO: URBANIZACIÓN SAN GERARDO
DESCRIPCIÓN: CUADRO DE CARGAS TABLERO - TGD
UBICACIÓN: SALA- COMEDOR — No DE CTOS: 1F-2H; 6CTOS

No DE Cuenta	DESCRIPCIÓN	POTENCIA [VA]	BALANCE DE CARGA FASE R	TENSIÓN ALIMENTACIÓN [V]	CORRIENTE [A]	PROTECCIÓN [A]	CALIBRE [AWG] F	CALIBRE [AWG] N	CALIBRE [AWG] T	DUCTO [in] PVC	DUCTO [in] EMT
CTO 1	ILUMINACIÓN VIVIENDA	89	89	120	0.74	1X20A	12	12	14		1/2"
C TO 2	TOMACORRIENTES SALA, COMEDOR,ALCOBAS Y BAÑO	1260	1260	120	10.50	1X15 A	12	12	14	1/2"	
CTO 3	TOMACORRIENTES COCINA	540	540	120	4.50	1X15 A	12	12	14	1/2"	
CTO 4	TOMACORRIENTE LAVADORA	180	180	120	1.50	1X15 A	12	12	14	1/2"	
CTO 5	TOMACORRIENTE ESTUFA MIXTA	360	360	120	3.00	1X20 A	6	6	14	3/4"	
CTO 6	RESERVA										
			2,429								

Total Fase F1 [kVA]	2.43
Total Fase F2 [kVA]	0.00
Total Fase F3 [kVA]	0.00
Carga calcul 0	2.43
Demanda diversificada [kVA]	2.43

Tensión [V]:	120
Icarga [A]:	20
Icarga+25% [A]:	25.30
Protección [A]:	1X50
Alimentador:	1No.6 F + 1No.6 N+1No.12T
Ducto:	PVC 1Ø 3/4"

En la tabla 8 se obtiene los cálculos de la potencia consumida VA, corriente por circuitos, protección de los circuitos, calibres de los conductores, tipo y dimensión de canalización. En la figura 10 se especifica las dimensiones de un punto común de cada circuito, de igual forma se selecciona el tipo de material a utilizar por circuito, el sistema monofásico y se obtiene los cálculos correspondientes.

Tabla 9. Regulación de tensión

REGULACIÓN DE TENSIÓN TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION

TGD

PROYECTO: URBANIZACIÓN SAN GERARDO
UBICACIÓN: SALA- COMEDOR
DESCRIPCIÓN: CUADRO DE CARGAS TABLERO - TGD
TABLERO: TGD
No FASES: 1

No DE CIRCUITO	LONGITUD [m]	CORRIENTE [A]	TENSIÓN [V]	CALIBRE AWG			MATERIAL		SISTEMA		Z EFICAZ [Ω]	REGULACIÓN PARCIAL [%]	REGULACIÓN TOTAL [%]	TENSIÓN AJUSTADA [V]
				F	N	T	Cu	AL	1Ø	3Ø				
CTO 1	5	0.74	120	12	12	14	X		X		6.287	0.039	0.822	119.014
C TO 2	9	10.50	120	12	12	14	X		X		6.287	0.990	1.773	117.872
CTO 3	4	4.50	120	12	12	14	X		X		6.287	0.189	0.972	118.834
CTO 4	5	1.50	120	12	12	14	X		X		6.287	0.079	0.862	118.966
CTO 5	3	3.00	120	6	6	14		X	X		2.579	0.039	0.822	119.014
CTO 6	Reserva													
ALIMENTADOR	9	20.24	120	6	6	10		X	x		2.579	0.783		

NTC2050 T250-95. Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierrade canalizaciones y equipos.

Tabla 10. Cálculos de ductos

DUCTOS SALIDA TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION

TGD

PROYECTO: URBANIZACIÓN SAN GERARDO
UBICACIÓN:
DESCRIPCIÓN: CALCULO DE CANALIZACIONES TDG

ITEM	DESCRIPCIÓN CIRCUITO	No de Hilos	CALIBRE AWG			TIPO DE DUCTO EMPLEADO			Ø [in] Seleccionado	No Max. Conductores NTC 2050	40% de Ocupación Ducto mm2	Area total mm2 Conductores	% de Ocupación	Max. Ocupación
			F	N	T	PVC	EMT	IMC						
1	CTO 1	3	12	12	14		X		1/2 in	0	78.43	22.79	29.06	Cumple
2	C TO 2	3	12	12	14	X			1/2 in	11	99.31	22.79	22.95	Cumple
3	CTO 3	3	12	12	14	X			1/2 in	11	99.31	22.79	22.95	Cumple
4	CTO 4	3	12	12	14	X			1/2 in	11	99.31	22.79	22.95	Cumple
5	CTO 5	3	6	6	14	X			1/2 in	3	99.31	96.81	97.48	Cumple
6	CTO 6													RESERVA

Tabla 11. Cálculo de pérdidas de energía

PÉRDIDAS DE ENERGÍA

TGD

PROYECTO: URBANIZACIÓN SAN GERARDO
UBICACIÓN: SALA- COMEDOR
DESCRIPCIÓN: PERDIDAS DE ENERGÍA

No DE CIRCUITO	LONGITUD [m]	CORRIENTE [A]	TENSIÓN [V]	CALIBRE [AWG]			MATERIAL CONDUCTOR		ENERGÍA DISCIPADA [Wh]	PÉRDIDAD DE ENERGÍA POR DÍA [$ COL]
				F	N	T	Cu	Al		
CTO 1	5	0.74	120	12	12	14	X	---	0.025	0.47
C TO 2	9	10.50	120	12	12	14	X	---	9.111	171.70
CTO 3	4	4.50	120	12	12	14	X	---	0.744	14.02
CTO 4	5	1.50	120	12	12	14	X	---	0.103	1.95
CTO 5	3	3.00	120	6	6	14	X	X	0.062	1.16
CTO 6	RESERVA									
ALIMENTADOR GM	9	20.24	120	8	8	6	---	X	13.364	251.86
							Total		23.41	441.16

En la tabla 11 se realizan los cálculos de la energía disipada por cada uno de los circuitos y perdidas de energía por día con el valor del watt en Colombia.

Tabla 12. Perdidas de potencia debidas a la regulación de tensión

PÈRDIDAS DE POTENCIA DEBIDAS A LA REGULACIÓN TABLERO DE DISTRIBUSION GENRTAL

TGD

PROYECTO: URBANIZACIÓN SAN GERARDO
UBICACIÓN: SALA- COMEDOR
DESCRIPCIÓN: PERDIDAS DE ENERGÍA

TDG	LONGITUD [m]	CORRIENTE [A]	TENSIÓN ALIMENTACIÓN	CALIBRE AWG			MATERIAL		Z EFICAZ [Ω]	REGULACIÓN PARCIAL [%]	REGULACIÓN TOTAL [%]	TENSIÓN AJUSTADA [V]	POTENCIA [VA]	PERDIDAD DE POTENCIA [VA]
				F	N	T	Cu	AL						
CTO 1	5	0.74	120	12	12	14	X		6.287	0.039	0.717	119.140	89	0.03
C TO 2	9	10.50	120	12	12	14	X		6.287	0.990	1.668	117.998	1260	12.48
CTO 3	4	4.50	120	12	12	14	X		6.287	0.189	0.867	118.960	540	1.02
CTO 4	6	1.50	120	12	12	14	X		6.287	0.094	0.772	119.073	180	0.17
CTO 5	7	3.00	120	6	6	14		X	2.579	0.078	0.756	119.092	360	0.28
CTO 6	RESERVA													
ALIMENTADOR	9	20.24	120	6	6	10		X	2.579	0.678	1.356	118.372	2429	16.47

Tabla 13. verificación de conductores

VERIFICACIÓN DE CONDUCTORES

TGD

PROYECTO: URBANIZACIÓN SAN GERARDO
UBICACIÓN: SALA- COMEDOR
DESCRIPCIÓN: VERIFICACIÓN DE CONDUCTORES TDG

ITEM	DESCRIPCIÓN DEL TABLERO	POTENCIA [VA]	TENSIÓN ALIMENTACIÓN [V]	CALIBRE [AWG]			CORRIENTE [A]	CORRIENTE MAX [A] (75°C)	PROTECCIÓN [A]
				F	N	T			
1	CTO 1	89	120	12	12	14	0.74	25	1 X 20
2	C TO 2	1260	120	12	12	14	10.50	25	1 X 15
3	CTO 3	540	120	12	12	14	4.50	25	1 X 15
4	CTO 4	180	120	12	12	14	1.50	25	1 X 15
5	CTO 5	360	120	6	6	14	3.00	65	1 X 20
6	CTO 6	Reserva							
7	ALIMENTADOR PRINCIPAL	2429	120	6	6	10	20.24	65	1 X 50

Cálculo de sistema puesta a tierra

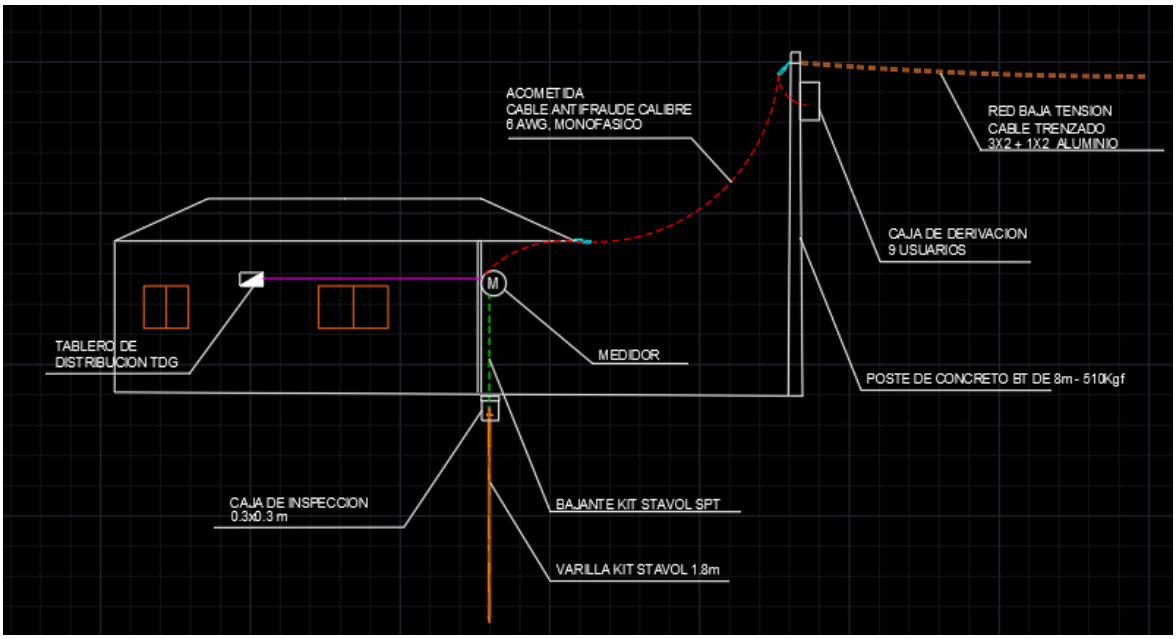


Imagen 61. Modelación de las herramientas utilizadas en red de baja tensión y sistema puesta atierra

El sistema puesto a tierra se realiza con su respectivo kit, el cual contiene cinta metálica certificada con la resistencia adecuada para su fin, varilla y conectores apropiados para garantizar conexiones firmes en el aterrizaje. El electrodo a utilizar será vertical de 5/8" x 1.80 metros, A continuación, se muestra la tabla de valores de referencia para resistencias de puesta a tierra, Adoptados de las normas técnicas IEC60364-4 – 442, NTC 2050 Y NTC 4552. RETIE artículo 15 - Sistemas de puesta atierra Tabla 15.4.

Tabla 14. Valores de referencia para resistencia de sistema de puesta a tierra

Aplicación	***Valores máximos de resistencia de puesta a tierra***
Estructuras y torrecillas metálicas de líneas con cable de guarda	*20 Ω*
Subestaciones de alta y extra alta tensión.	*1 Ω*
Subestaciones de media tensión.	*10 Ω*
Protección contra rayos.	*10 Ω*
Punto neutro de acometidas de baja tensión.	*25 Ω*
Redes para equipos electrónicos o sensibles.	*10 Ω*

Fuente: (NTC, 2011)

3.1.2 Resultados obtenidos en el mantenimiento a cuartos eléctricos del centro comercial Unicentro.

Se obtuvo como resultado mejorar los cuartos eléctricos, logrando realizar la limpieza a cada uno de los equipos, ajustando su tornillería y señalizando sus partes visibles, se notó el cambio logrando un ambiente más agradable, con mayor seguridad para los usuarios y operarios que trabajan es este lugar, ya que se pueden reconocer los equipos eléctricos y canalizaciones eléctricas de una forma más adecuada.

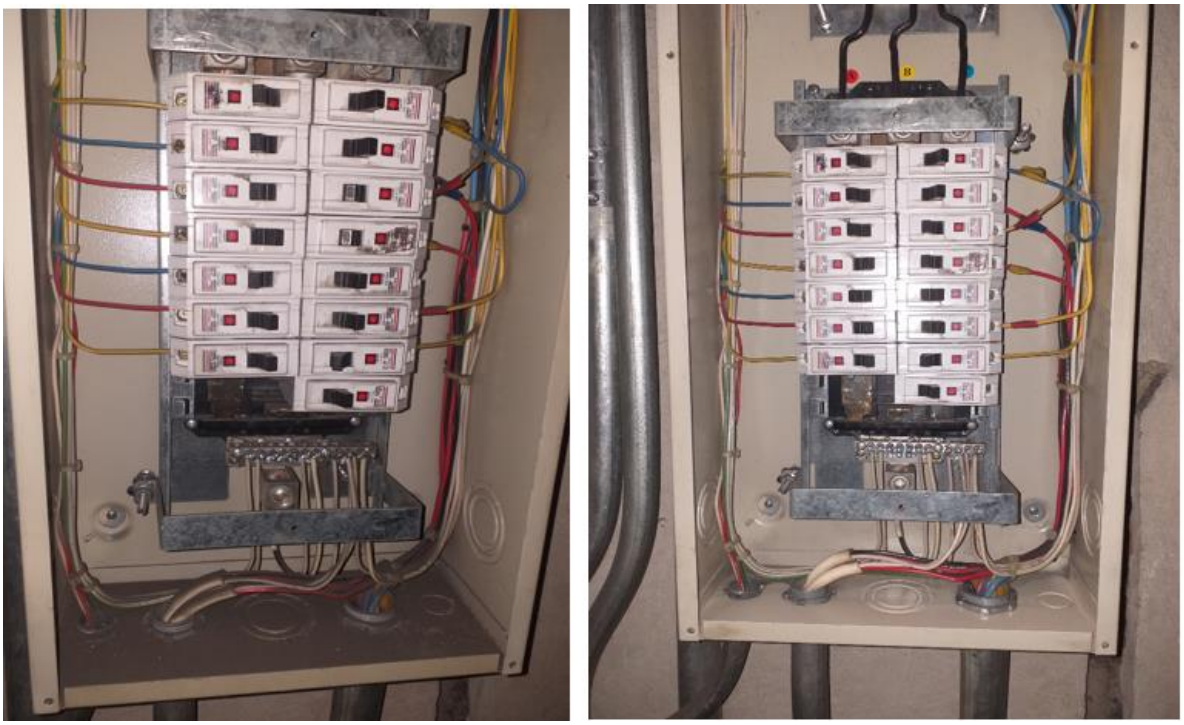


Imagen 62.Limpieza y ajuste a tableros de distribución

En la imagen 62 se puede observar el resultado del mantenimiento. Donde se limpió con brochas todo el polvo presente en los gabinetes en la parte interior y exterior, conductores, interruptores y borneras, ajustando cada uno de los tornillos, verificando que estén realizando contacto con el conductor y que no se presente un falso contacto y provoque calentamiento que pueda dañar el conductor y los equipos conectados a estos.

Imagen 63. Señalización a canalizaciones y símbolos eléctricos a tableros y equipos

Imagen 64. Antes y después del mantenimiento realizado.

En la imagen 63 y 64 se puede evidenciar los resultados obtenidos con los tableros de distribución, ya realizado su ajuste de tornillería, limpieza y señalizados con los símbolos de reconocimiento y canalización marquillada con una franja de color naranja para distinguirla de los demás usuarios presentes en estos cuartos, por ejemplo, la de telecomunicaciones.

Resultados del mantenimiento a sistema de puesta a tierra.

Imagen 65. Antes y después del mantenimiento al sistema puesta a tierra.

Los resultados fueron increíbles, se logró remover todo el polvo y el óxido que contenía el conductor de cobre, se humedeció con bastante agua para que tenga mejor conductividad y este fue el mismo resultado que se obtuvo para las 6 cajas de inspección del sistema puesta a tierra.

3.1.3. Resultados obtenidos en la finalización de la subestación Tosquita en el municipio de Mosquera Nariño.

A continuación, en la imagen, se presenta los resultados de la conexión de la entrada de 34.5 Kv y salida de 13.2 Kv del transformador con las terminales premoldeados realizados, cinta de apantallamiento por cada fase conectadas a tierra de igual forma los equipos y señalizados los conductores para cada fase con los siguientes colores violeta para la fase A, café para la fase B y rojo para la fase C, este código de colores se obtuvo del reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE de la tabla 6.5. Código de colores para conductores, Para niveles de tensión superiores a 1000v, 3 fases, Violeta, Café, Rojo.

Imagen 66. Resultado de la instalación eléctrica parte interna del transformador de 300KVA

Imagen 67.Resultado de la instalación eléctrica para la entrada de 34.5Kv y la salida de 13.2Kv.

En la imagen 68 se evidencia los resultados obtenidos de la realización de la malla de sistema puesta a tierra instalada y resultados de la lectura de la resistividad del suelo con el equipo telurómetro.

Imagen 68. Malla sistema puesta a tierra

Se soldó las varillas y los conductores de cobre logrando un empalme perfecto, luego se enterró la varilla asta, la punta de conexión con los conductores a 60 cm de profundidad. En la imagen 69 se obtuvo como resultado la lectura de la resistividad del suelo y es baja debido a que este terreno es rico en humedad y sales por el agua de mar.

Imagen 69. Medición de resistividad del suelo mediante la malla a tierra. Telurómetro

3.2. ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS.

La comunidad de la urbanización San Gerardo del municipio de la cruz Nariño contará con el suministro eléctrico, lo cual serán beneficiados como comunidad. Con este servicio lograrán crecer como comunidad en general en el desarrollo de nuevos proyectos de alumbrado, ya sea para centros recreacionales, salones comunitarios, capillas, entre otros. De igual manera crecerán económicamente con nuevos negocios que se requiera de este servicio.

La finalización de las instalaciones eléctricas de la subestación del municipio de Mosquera beneficiará a las comunidades del pacífico colombiano que no cuentan con el suministro eléctrico, logrando así mejor la parte social y la parte económica de esta región, pero sí tendrá una afectación en el medio ambiente, ya que en estos lugares donde se construyó la subestación se genera contaminación a los manglares ya sea por medio de residuos o por tala de árboles para construir.

BIBLIOGRAFÍAS

-. (3 de Agosto de 2017). *PORTAFOLIO SMART ENERGY S.A.S-1-2.pdf*. Obtenido de PORTAFOLIO SMART ENERGY S.A.S-1-2.pdf: file:///C:/Users/ASUS/Downloads/PORTAFOLIO%20SMART%20ENERGY%20S.A.S-1-2.pdf

CEDENAR. (23 de Septiembre de 2019). *NORMA TECNICA CEDENAR.pdf.* Obtenido de file:///F:/NORMAS%20EL%C3%89CTRICAS/NORMA%20TECNICA%20CEDENAR.pdf

CELSIA. (11 de Optubre de 2019). *ANEXO-ESTRUCTURA-TA.pdf.* Obtenido de https://celsia.smk.agency/wp-content/uploads/2020/09/ANEXO-ESTRUCTURA-TA.pdf

CENS. (12 de Noviembre de 2020). *CAPITULO-6-01-Seleccion-Conexion-de-Medidores.* Obtenido de https://www.cens.com.co/Portals/0/normas-y-especificaciones/norma/CAPITULO%206/CAPITULO-6-01-Seleccion-Conexion-de-Medidores-y-Transformadores-CNS-NT-06-01.pdf?ver=2020-11-12

CENS. (13 de Noviembre de 2020). *estructuras-13.2-kv.pdf.* Obtenido de https://www.cens.com.co/Portals/0/normas-y-especificaciones/estructuras/estructuras-13.2-kv.pdf?ver=2020-11-13

CENS. (13 de Noviembre de 2020). *red-trenzada.pdf.* Obtenido de https://www.cens.com.co/Portals/0/normas-y-especificaciones/estructuras/red-trenzada.pdf?ver=2020-11-13

CREG. (14 de Mayo de 2014). *Creg038-2014.pdf.* Obtenido de http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/0131f0642192a5a205257cd800728c5e/$FILE/Creg038-2014.pdf

GUTIERREZ, D. A. (05 de Mayo de 2013). *RETIE-EN-PDF-ACTUALIZADO.* Obtenido de RETIE-EN-PDF-ACTUALIZADO: https://www.minenergia.gov.co/documents/9024/9703.pdf

NTC. (6 de Junio de 2011). *NTC 2050 PDF.* Obtenido de NTC 2050 PDF: https://www.armada.mil.co/sites/default/files/normograma_arc/mantenimiento1/NTC%20%202050.pdf

Rincon, N. (2 de Noviembre de 2021). *Detalle Malla-Modelo.pdf.* Obtenido de Detalle Malla-Modelo.pdf: file:///C:/Users/ASUS/Downloads/Detalle%20Malla-Modelo.pdf

ANEXOS

Imagen 70. Finalizando el mantenimiento

Imagen 71. Instalaciones eléctricas a subestación finalizadas. Mosquera Nariño

Imagen 72. Grupo de trabajo subestación Tasquita

Imagen 73. Realizando los terminales premoldeados con el Ing. Nelson Rincón codirector de trabajo de grado

Imagen 74. Ultimo día de trabajo en la subestación, Instalaciones terminadas

Imagen 75. Diseño de redes de MT, BT y Uso final