

Encabezado: ALIMENTADOR DE M.T. SARC2-CULC2

**DISEÑO DE ALIMENTADOR ENTRE LOS CIRCUITOS SARC2 – CULC2, COMO
RECONFIGURACIÓN PARA LA ZONA MINERA DEL MUNICIPIO DE SARDINATA,
CENS**

RAFAEL ANDRES RIOS SANTIAGO

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO ELÉCTRICISTA**

Director: JESÚS ABELARDO VELAZCO OCHOA

M.sc. ING. Electricista Universidad de los Andes

PROGRAMA DE INGENIERIA ELÉCTRICA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS Y

TELECOMUNICACIONES

FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURAS

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

VILLA DEL ROSARIO, 05 DE MAYO DEL 202

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO
ELÉCTRICO.**

TÍTULO:

**DISEÑO DE ALIMENTADOR ENTRE LOS CIRCUITOS SARC2 – CULC2, COMO
RECONFIGURACIÓN PARA LA ZONA MINERA DEL MUNICIPIO DE SARDINATA,
CENS**

NOMBRES Y FIRMAS DE AUTORIZACIÓN PARA LA SUSTENTACIÓN.

RAFAEL ANDRES RIOS SANTIAGO

AUTOR

M.Sc (c) JESÚS ABELARDO VELAZCO OCHOA

DIRECTOR

JURADO CALIFICADOR

Ing. Yobany Pereira

M.Sc(c) Jesús Salamanca Jaimes

PROGRAMA DE INGENIERIA ELÉCTRICA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS Y

TELECOMUNICACIONES

FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURAS

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

VILLA DEL ROSARIO, COLOMBIA

Dedicatoria

Este trabajo de grado va dedicado a mis padres Rafael Ríos García y Ana Santiago Duran ya que todo esto es resultado de su esfuerzo, paciencia y amor. Por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones.

Agradecimientos

Primero que todo agradezco a Dios por ser el guía en mi camino, el que nunca falla, quien con su paciencia y sabiduría me permite culminar con este objetivo.

A mis padres por darme la mejor herencia que se le puede dejar a un hijo, la educación, algo que nadie puede quitarme, la mejor herramienta para enfrentarme a la vida, en una sociedad cada vez más demandante y llena de competencia.

A mi novia, quien ha sido una gran compañía y apoyo durante gran parte de mi desarrollo como universitario y como persona.

A mis amigos, Con los que compartí dentro y fuera de las aulas.

A INGESSA S.A por permitirme dar inicio a mi crecimiento laboral.

Resumen

En este proyecto se realizará una propuesta para ejecutar la construcción de un nuevo alimentador de 13.8kv entre los circuitos SARC2 – CULC2 pertenecientes a CENS S.A. E.S.P.

Proyecto de expansión y reposición del plan de inversión para el año 2020 el cual contará con una red aproximada de 3.8 kilómetros.

El principal objetivo para la construcción de este alimentador, es expandir la Red de Media Tensión, la cual atravesara zona rural del municipio de Sardinata, con el fin de ofrecer el servicio de energía eléctrica a más usuarios, mejorar la calidad del servicio y mejorar de los límites de cargabilidad y de demanda de energía para zona minera del sector, la cual está siendo afectada por la deficiencia en la calidad del servicio eléctrico y por las limitaciones de cargabilidad actuales, buscando así dar cumplimiento a lo establecido por la CREG.

El diseño del alimentador esta soportado por los cálculos eléctricos, así como los cálculos mecánicos y perfiles topográficos de la zona.

Los cálculos eléctricos se realizan con la metodología CENS para la regulación de tensión y pérdidas de potencia. El levantamiento topográfico se realiza con el uso de un GPS Garmin Etrex 10, los programas Global Mapper y Google EARTH.

EL análisis económico esta formado por presupuesto de obra y unidades constructivas mediante la metodología de la CREG. El presupuesto se realiza con los precios unitarios de la licitación del contrato actual de CENS y la contratista INGESSA S.A

La demanda calculada para este alimentador fue realizada y suministrada por el grupo de planeación de CENS.

Palabras Clave: CREG 015, viabilidad, alimentadores, red de media tensión, expansión, reposición.

Abstract

In this project a proposal will be made for the construction of a new 13.8kv feeder between the SARC2 - CULC2 circuits belonging to CENS S.A. E.S.P.

Expansion project and replacement of the investment plan for the year 2020 which will have a network of approximately 4 kilometers.

The main objective for the construction of this feeder is to expand the Medium Voltage Network, which will cross the rural area of the municipality of Sardinata, in order to offer the electric power service to more users, improve the quality of service and improve the limits of chargeability and energy demand for the mining area of the sector, which is being limited by the deficiency in the quality of the electric service and by the limitations of current chargeability, thus seeking to comply with the provisions of the CREG.

The design of the feeder is supported by electrical calculations, as well as mechanical calculations and topographic profiles of the area.

The electrical calculations are carried out with the CENS methodology for the regulation of voltage and power losses. The topographic survey is carried out with the use of a Garmin Etrex 10 GPS, the Global Mapper and Google EARTH programs.

The economic analysis is made up of the works budget and construction units using the CREG methodology. The budget is made with the unit prices of the tender of the current contract of CENS and the contractor INGESSA S.A

The demand calculated for this feeder was made and supplied by the CENS planning group.

Keywords: CREG 015, viability, feeders, medium voltage network, expansion, replacement.

Tabla De Contenido

Objetivos	3
Objetivo General	3
Objetivos específicos	3
Marco Teórico	4
Redes De Distribución De Media Tensión.....	4
Redes De Distribución Rural En M.T	5
Clasificación De Los Niveles De Tensión	5
Demanda Máxima Por Niveles De Tensión.....	5
Selección Del Conductor.....	6
Aislamiento En Redes	6
Regulación De Tensión	6
Factores de corrección.....	7
Pérdidas Máximas De Potencia.....	8
Técnicas para evaluación del nivel de riesgos	8
Matriz para análisis de riesgos	9
Unidades constructivas.....	10
Diseño Mecánico De Estructuras	10
Glosario	11
Elementos de las líneas aéreas	11

Configuraciones estructurales	13
Calculo Mecánico De Conductores.....	15
Calculo mecánico de apoyos	17
Momentos de reacción en el apoyo	25
PLS- CADD	28
Alimentador Sarc2 – Culc2.....	29
Selección de la ruta para el Trazado del alimentador.....	29
Cálculos eléctricos	34
Selección del conductor	34
Regulación de tensión	34
Pérdidas máximas de potencia.	36
Tipo De Protección	37
Seccionadores de 15kv.	37
Cálculos Mecánicos	37
Planos Eléctricos	42
Presupuesto Y Unidades Constrictivas	47
Presupuesto De Obra.....	47
Unidades Constructivas.....	50
Comparación Presupuesto Y Unidades Constructivas.....	52
Matriz De Riesgo	53

Recomendaciones..... 54

Conclusiones 55

Referencias Bibliográficas 57

Anexos..... 58

Lista De Tablas

Tabla 1 Matriz para análisis de riesgo..... 9

Tabla 2 Decisiones y acciones para controlar el riesgo 10

Tabla 3 Hipótesis de diseño de conductores 16

Tabla 4 Condiciones de operación 20

Tabla 5. Fuerza transversal por viento sobre postes normalizadas 24

Tabla 6 Coordenadas y ubicación para el trazado de nuevo alimentador SARC2-CULC2.... 30

Tabla 7 Cálculo de regulación de tensión 35

Tabla 8 Cálculo de pérdida de potencia 36

Tabla 9 Características de seccionadores de 15kv. 37

Tabla 10 Características conductor 266MCM 38

Tabla 11 Características para retenidas 3/8..... 38

Tabla 12 Resultados cálculo mecánico de apoyos 39

Tabla 13 Presupuesto de mano de obra SARC2-CULC2 48

Tabla 14 Presupuesto material SARC2-CULC2..... 49

Tabla 15 Resumen del presupuesto..... 50

Tabla 16 UC SARC2-CULC2..... 51

Tabla 17 Valor reconocido por UC para el alimentadorSARC2-CULC2..... 51

Tabla 18 Beneficio por remuneración de las UC 52

Tabla 19 Matriz de riesgo SARC2-CULC2 53

Tabla 20 Niveles de tensión de servicio..... 58

Tabla 21 Suministro desde redes de media tensión o líneas de alta tensión 58

Tabla 22 Niveles de tensión y límites de carga de acuerdo a la carga instalada..... 59

Tabla 23 Límites de regulación de voltaje. Sum. CNS – NT- 02 59

Tabla 24 Factores de corrección de regulación de tensión 61

Tabla 25 Constantes de regulación KG para conductor ACSR 61

Tabla 26 Niveles de aislamiento 61

Lista De Figuras

Figura 1. Configuración horizontal (Fuente: Norma CENS-CNS-03-511-02 13.2KV) 13

Figura 2. Configuración tipo bandera (Fuente: Norma CENS-CNS-03-B02-02 13.2KV)..... 14

Figura 3. Configuración en H (Fuente: Norma CENS-CNS-03-226-02 13.2KV)..... 14

Figura 4. Representación gráfica RE300 (Fuente: Elaboración propia) 15

Figura 5. Representación cartesiana de fuerzas y momentos..... 18

Figura 6. Aplicación de la carga de rotura en ensayos mecánicos (Fuente: NTC 1329) 19

Figura 7. Fuerza transversal por viento en conductores..... 22

Figura 8. Fuerza transversal por el viento en conductores..... 22

Figura 9. Vano viento o elovano 23

Figura 10. Características geométricas de un poste 24

Figura 11. Cotas para el cálculo del momento transversal..... 27

Figura 12. Ubicación del nuevo alimentador en los circuitos SARC2 – CULC2..... 29

Figura 13. Trazado y ubicación del nuevo alimentador entre los circuitos SARC2 – CULC2 31	
Figura 14. Previsualización del alimentador en el sector de interés (Fuente: Google Earth) .. 31	
Figura 15. Interfaz de Global Mapper con la información geográfica para analizar (Fuente: Global Mapper)..... 32	
Figura 16. Curvas de nivel SARC2-CULC2 para visualizar la diferencia de alturas de los puntos del trazado (Fuente: Global Mapper) 32	
Figura 17. Visualización del perfil de elevación del trazado (Fuente: Global Mapper) 33	
Figura 18. Representación de la curva en AutoCAD respecto a los puntos de los apoyos en el plano X, Y (Fuente: Elaboración propia - AutoCAD)..... 39	
Figura 19. Trazado, perfil de nivel y catenarias SARC2-CULC2 parte 1 (Fuente: PLS-CADD) 40	
Figura 20. Trazado, perfil de nivel y catenarias SARC2-CULC2 parte 2 (Fuente: PLS-CADD)..... 41	
Figura 21. Trazado, perfil de nivel y catenarias SARC2-CULC2 parte 3 (Fuente: PLS-CADD) 41	
Figura 22. Convenciones poste de media tensión 42	
Figura 23. Convenciones conductor MT 13.2 Kv 42	
Figura 24. Plano eléctrico alimentador SACR2-CULC2 parte 1 44	
Figura 25. Figura 6. Plano eléctrico alimentador SACR2-CULC2 parte 2 45	
Figura 26. Figura 6. Plano eléctrico alimentador SACR2-CULC2 parte 3 46	
Figura 27. Características técnicas y eléctricas del conductor (Fuente: CENTELSA - Aluminio acsr) 60	
Figura 28. Estructura en suspensión trifásica en H - RH226 13.2kV. Sum. Cens..... 62	

Figura 29. Estructura en abertura trifásica en H - RH231 13.2kV. Sum. Cens	62
Figura 30. Estructura en abertura trifásica en H RH230 13.2kV. Sum. Cens.....	63
Figura 31. Estructura especial trifásica RE300 13.2kV. Sum. Cens.....	63
Figura 32. Perfil de Elevación Google Earth	64

Lista De Ecuaciones

Ecuación 1. Regulación de tensión. Sum. CNS – NT- 02.....	6
Ecuación 2. Constante de regulación KG. Sum CNS-NT-02.	7
Ecuación 3. Pérdidas máximas de potencia Sum. CNS – NT- 02.....	8
Ecuación 4. Ecuación de flecha del conductor.....	16
Ecuación 5. Ecuación de longitud de conductor	16
Ecuación 6. Carga unitaria por acción del viento	17
Ecuación 7. Presión dinámica ejercida por el viento	17
Ecuación 8. Peso unitario aparente	17
Ecuación 9. Momento resistente del poste.....	19
Ecuación 10. Longitud de empotramiento	19
Ecuación 11. Fuerza longitudinal en apoyos terminales	20
Ecuación 12. Fuerza longitudinal en apoyos en retención.....	21
Ecuación 13. Presión dinámica ejercida por el viento	21
Ecuación 14. Cálculo del elovano	22
Ecuación 15. Área superficial expuesta del poste	23
Ecuación 16. Diámetro de poste a nivel de terreno.....	23
Ecuación 17. Fuerza transversal sobre postes	23
Ecuación 18. Distancia del centro de masa del poste a nivel de suelo.....	24

Ecuación 19. Fuerza por resultante de tracciones en condición normal	25
Ecuación 20. Fuerza resultante con desequilibrio de tracciones	25
Ecuación 21. Angulo de la fuerza resultante de traccion	25
Ecuación 22. Momento longitudinal resultante	26
Ecuación 23. Momento transversal resultante en apoyos de media tensión	26
Ecuación 24. Momento transversal por fuerzas de viento	26
Ecuación 25. Momento transversal debido al desequilibrio de fuerzas verticales en estructuras tipo bandera.....	26
Ecuación 26. Momento transversal causado por el peso del transformador	26
Ecuación 27. Momento de reacción equivalente.....	27
Ecuación 28. Momento transversal total	27
Ecuación 29. Momento longitudinal total	27
Ecuación 30. Criterio de selección de postes	28

Justificación

Para dar cumplimiento a lo establecido en la Resolución 015 de 2018 expedida por la Comisión de Energía Eléctrica y Gas – CREG, la cual solicita a los prestadores del servicio de energía eléctrica, presentar al regulador el plan de inversiones del 2019 al 2023 de acuerdo con los criterios y lineamientos allí establecidos; Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A. E.S.P presentó un Plan de Inversiones a realizar durante el siguiente periodo tarifario (2019 - 2023), valorado en Unidades Constructivas – UC.

Los proyectos presentados se enfocan en la expansión y reposición del sistema eléctrico de CENS y dentro del cual se encuentra la construcción de un nuevo alimentador de enlace para los circuitos SARC2 – CULC2 ubicado en la zona minera del municipio de Sardinata.

Por lo tanto, se hace necesario realizar los estudios pertinentes y encontrar la mejor configuración del alimentador mencionado anteriormente, con el fin de garantizar la viabilidad técnico financiera del proyecto, buscando mejorar la eficiencia de la red perteneciente a CENS S.A. E.S.P.

Reseña Histórica Ingessa

La firma JESÚS FERNANDO RAMÍREZ CARRILLO nace en el año 1987, con el ánimo de prestar sus servicios en el área de ingeniería eléctrica con énfasis en la construcción de redes de distribución eléctricas urbanas y en diseño de instalaciones eléctricas. En sus primeros años efectuó trabajos en el departamento Norte de Santander para clientes como Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A. E.S.P. y para clientes del sector residencial, comercial e industrial.

Al igual que para la mayoría de las empresas sus inicios fueron difíciles, pero gracias al compromiso permanente de la Gerencia, la capacitación y el crecimiento de su talento humano y el uso de materiales y equipos de excelente calidad, la empresa ha logrado consolidarse en la región como una de las de mayor prestigio en el departamento y con creciente proyección nacional.

Los principales clientes de la Firma son: Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A. E.S.P., Empresa Colombiana de Petróleos (ECOPETROL), Comité de Cafeteros del Norte de Santander, Gobernación del Norte de Santander, Alcaldía Municipal de Ocaña, Electrificadora de Santander S.A. E.S.P.

A su vez la sociedad INGESSA S.A.S fue creada en el año 2005 como respuesta a las solicitudes de tipo legal de algunas empresas del sector.

En pro del mejoramiento continuo la Gerencia y el Comité SIGE deciden en el año 2010 manejar las dos empresas como grupo empresarial dentro del Sistema Integrado de Gestión, para ello se tuvo en cuenta que tanto la empresa FRC como INGESSA S.A.S se encuentran actualmente certificadas bajo los parámetros de las normas NTC/ISO 9001:2008, NTC/OHSAS 18001:2007 y NTC/ISO 14001:2004.

Objetivos

Objetivo General

- Diseñar un alimentador entre los circuitos SARC2 – CULC2, como reconfiguración y repotenciación para la mejora de los límites de cargabilidad y de demanda de energía en la zona minera del municipio de sardinata, perteneciente a la red de distribución local (13,8 Kv) de CENS S.A. E.S.P.

Objetivos específicos

- Determinar la ruta óptima del nuevo trazado de la reconfiguración de los circuitos existentes SARC2 – CULC2.
- Realizar los cálculos eléctricos pertinentes para la consolidación del óptimo diseño bajo la reglamentación RETIE, NTC – 2050, NORMA CENS.
- Realizar los planos eléctricos de la propuesta diseñada para el trazado planteado.
- Elaborar el presupuesto de obra y unidades constructivas según correspondan a la propuesta diseñada para el trazado planteado.

Marco Teórico

Redes De Distribución De Media Tensión

En el diseño, construcción, reposición y mantenimiento de los circuitos de MT, deben ser considerados los siguientes criterios operativos:

- Mantener un solo calibre de conductor para el ramal principal o troncal del circuito, en los cascos urbanos la troncal se debe proyectar en parámetros mínimos en calibre 266.8 MCM, y los ramales en 2/0 salvo que por cálculos se requiera de un conductor de mayor capacidad.
- En redes rurales el calibre del conductor estará soportado por los cálculos electromecánicos adecuados, y el calibre mínimo permitido será de 2 AWG.
- En lo posible y correspondiente a su longitud seccionar el circuito principal en (3) partes tratando de dividir la carga proporcionalmente (mediante el uso de reconectores, seccionadores o cuchillas), procurando que cada una de estas secciones tengan suplencia preferiblemente con un circuito de otra S/E de potencia con el fin de darle una mayor operatividad y confiabilidad al sistema. Cuando se instalen equipos en serie (seccionadores, reconectores, reguladores, etc), el calibre del conductor que los une debe ser igual al del circuito.
- Sobre la troncal principal no se deben instalar fusibles en serie, únicamente se deberán usar en las derivaciones hacia ramales secundarios y deberán estar acompañados de DPS.
- Se debe procurar antes de construir nuevos circuitos, redistribuir la carga entre los circuitos existentes.
- En general se deberá propender por la utilización de corredores viales para instalación de los nuevos circuitos y de ser posible se regirá por esta premisa las remodelaciones.

- La red principal o troncal corresponde a la ruta del tramo de mayor calibre o momento eléctrico acumulado desde la subestación hasta el último punto de análisis. (J. Proyectos, 2016, Capítulo 3 Redes de Media y Baja Tensión CENS-Norma Técnica)

Redes De Distribución Rural En M.T

La distribución rural de tensión podrá expandirse a un nivel de tensión de 34.5 kV, 13.2 kV o 7.620 kV dependiendo de las características del punto de conexión definidas por CENS dando continuidad a la configuración existente. En el caso de la electrificación rural las distancias entre apoyos dependerán de la topografía del terreno y del diseño debidamente aprobado por CENS, y debe soportarse con los respectivos cálculos mecánicos, perfiles topográficos y curvas de tendido de conductores. (J. Proyectos, 2016, Capítulo 3 Redes de Media y Baja Tensión CENS-Norma Técnica, pág. 10)

Clasificación De Los Niveles De Tensión

Con el fin de atender la demanda del sistema con niveles de voltaje que garanticen el adecuado funcionamiento de los equipos eléctricos, debe tenerse un rango definido de operación del voltaje. Para efectos de rangos de utilización tolerables se cumplirá lo expresado en el artículo 12 del RETIE y reflejado en la Tabla 20 en los Anexos. (J. Proyectos, 2016, CAPITULO 2 PARÁMETROS DE DISEÑO, pág. 8)

Demanda Máxima Por Niveles De Tensión

El nivel de tensión de servicio para un nuevo usuario, lo definirá la demanda máxima de la carga a atender, de acuerdo con lo establecido en la Tabla 22 de los Anexos. (J. Proyectos, 2016, CAPITULO 2 PARÁMETROS DE DISEÑO, pág. 10)

Selección Del Conductor

Todos los cálculos para la selección del conductor tienen como base la demanda máxima diversificada proyectada y se debe seleccionar de tal forma que cumpla con los valores establecidos de regulación, de porcentajes de pérdidas de potencia establecidos en el capítulo 2 de la norma CENS y debe tenerse en cuenta el criterio de pérdidas técnicas en la selección del conductor económico.

La empresa no aceptará conductores maltratados, quemados perforados o con abolladuras, estos deben ser nuevos y cumplir con las normas correspondientes.

En ningún momento los conductores deben ser sometidos a tensiones mecánicas por encima de las especificadas y el tendido en redes aéreas no debe pasar el 25% de la tensión de rotura. (J. Proyectos, 2016, Capítulo 3 Redes de Media y Baja Tensión CENS-Norma Técnica, pág. 23)

Aislamiento En Redes

Se establece el Nivel Básico de Aislamiento (BIL) ante sobretensiones externas, de acuerdo a lo establecido en la Tabla 26 de los anexos para media tensión.(J. Proyectos, 2016, Capítulo 3 Redes de Media y Baja Tensión CENS-Norma Técnica, pág. 23)

Regulación De Tensión

La regulación de tensión se calcula aplicando la metodología presentada por la empresa electrificadora en sus normas para el diseño y construcción de sistemas de distribución, los límites de regulación de voltaje están establecidos en la Tabla 23 de los anexos. (J. Proyectos, 2016, CAPITULO 2 PARÁMETROS DE DISEÑO, pág. 14)

$$R\% = F_c \frac{K_G}{V_L^2} M$$

Ecuación 1. Regulación de tensión. Sum. CNS – NT- 02.

Donde:

F_c = Factor de corrección.

M = Momento eléctrico [KVA*m]

V_L = Voltaje de línea

K_G = constante de regulación y se calcula como:

$$K_G = KG * 100$$

$$KG = (r \cos \varphi + XL \operatorname{sen} \varphi)$$

Ecuación 2. Constante de regulación KG. Sum CNS-NT-02.

En el cual:

r = Resistencia por unidad de longitud del conductor a una temperatura determinada (Ohm/km).

φ = Angulo del factor de potencia de la carga.

XL = Reactancia inductiva por unidad de longitud del conductor (Ohm/km).

Factores de corrección.

Los valores de la constante de regulación (KG) para cables de aluminio aislado con distintos factores de potencia encontrados en la norma de la empresa electrificadora (Tabla 25 de los anexos) están determinados para sistemas tetrafilares balanceados; por esta razón, se debe aplicar el factor de corrección correspondiente al sistema utilizado. Los factores de corrección son obtenidos de la Tabla 24 de los anexos. (J. Proyectos, 2016, CAPITULO 2 PARÁMETROS DE DISEÑO, pág. 16)

Pérdidas Máximas De Potencia

Las pérdidas máximas de potencia se calculan aplicando la metodología presentada por la empresa electrificadora en sus normas para el diseño y construcción de sistemas de distribución. El máximo de porcentaje de pérdida permitido de potencia para las redes de media tensión es el 1%.(J. Proyectos, 2016, CAPITULO 2 PARÁMETROS DE DISEÑO, pág. 20)

$$PL\% = \frac{r M}{V_L^2 \cos \varphi} 100$$

Ecuación 3. Pérdidas máximas de potencia Sum. CNS – NT- 02.

Donde:

M = Momento eléctrico KVA*m

R = resistencia por unidad de longitud en Ohm/km

Φ = Angulo de factor de potencia de la carga

V_L = Tensión de línea en voltios

Técnicas para evaluación del nivel de riesgos

La metodología a seguir para evaluar el nivel de riesgo de tipo eléctrico, es la siguiente:

- Definir el factor de riesgo que se requiere evaluar o categorizar.
- Definir si el riesgo es potencial o real.
- Determinar las consecuencias para, las personas, económicas, ambientales y de imagen de la empresa. Estimar dependiendo del caso particular que analiza.
- Buscar el punto de cruce dentro de la matriz correspondiente a la consecuencia (1, 2, 3, 4, 5) y a la frecuencia determinada (a, b, c, d, e): esa será la valoración del riesgo para cada clase.
- Repetir el proceso para la siguiente clase hasta que cubra todas las posibles pérdidas.

- Tomar el caso más crítico de los cuatro puntos de cruce, el cual será la categoría o nivel del riesgo.
- Tomar las decisiones o acciones, según lo indicado en la Tabla 1. (J.U Proyectos, 2015, Capítulo 1 Generalidades CENS-Norma Técnica)

Matriz para análisis de riesgos

Tabla 1

Matriz para análisis de riesgo.

RIESGO A EVALUAR :	EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras)			Por	FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco eléctrico)	(al) o (en)	FUENTE (Ej: Celda de 13,8 kV)			
POTENCIA L		REAL		FRECUENCIA						
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa	E	D	C	B	A	
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura a Interrupción regional.	Contaminación irreparable.	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción Temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes Interrupción breve	Efecto menor	Local E2	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No Interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa

Suministrada: RETIE.

Tabla 2
Decisiones y acciones para controlar el riesgo

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	Inadmisible para trabajar. Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	Minimizarlo. Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso especial de trabajo	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	Aceptarlo. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso especial de trabajo.	El líder de grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar. <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

Suministrada: *RETIE*.

Unidades constructivas

La CREG define las UC como un conjunto de elementos que conforman una unidad típica de un sistema eléctrico destinada a la conexión de otros elementos de una red; al transporte o a la transformación de la energía eléctrica o a la supervisión o al control de la operación de activos de los STR o SDL. (CREG, 2018, p. 9)

Diseño Mecánico De Estructuras

El objetivo del cálculo mecánico es realizar la selección adecuada de postes usados como apoyos en las redes aéreas de distribución de media y baja tensión.

Glosario

- **Apoyo:** Nombre genérico dado al dispositivo de soporte de conductores y aisladores de las líneas o redes aéreas. Pueden ser postes, torres u otro tipo de estructuras. (Dávila, Las, & Aeras, 2019)
- **Carga de diseño:** La máxima carga aplicada a 20 centímetros de la cima, para la cual ha sido calculado y diseñado el poste. (Dávila, Las, & Aeras, 2019)
- **Carga de rotura:** Es aquella que, aplicada a 20 centímetros de la cima, produce el colapso estructural del poste por fluencia del acero, por aplastamiento del concreto o por ambas causas en forma simultánea. (Dávila, Las, & Aeras, 2019)
- **Factor de seguridad:** Es la relación entre el esfuerzo máximo permisible y el esfuerzo de trabajo de un equipo o material. (Dávila, Las, & Aeras, 2019)
- **Momento resistente:** Es el momento flector máximo que puede resistir un poste teniendo en cuenta un factor de seguridad. (Dávila, Las, & Aeras, 2019)
- **Momento equivalente:** Es el momento flector resultante debido a las diferentes cargas que actúan sobre el poste. (Dávila, Las, & Aeras, 2019)
- **Tensión de rotura:** Es la tensión máxima que puede soportar un conductor antes de fallar. (Dávila, Las, & Aeras, 2019)
- **Vano:** Distancia horizontal entre dos apoyos adyacentes de una línea o red. (Dávila, Las, & Aeras, 2019)

Elementos de las líneas aéreas

Todos los materiales empleados para la construcción de líneas aéreas se encuentran definidos en las respectivas Especificaciones Técnicas de la empresa CENS.

Apoyos

Los apoyos a usar pueden ser de concreto pretensado o de fibra de vidrio y deben cumplir con la Especificación Técnica ET-TD-ME-04, ver en los archivos anexos “ET-TD-ME04-01 POSTES DE CONCRETO” y “ET-TD-ME-04-02 POSTES DE PRFV”.

Tipos de apoyos en MT

Los apoyos se pueden clasificar según su función como se verá a continuación:

Apoyos de alineación

Se utilizan para alineamiento con ángulo de deflexión de la red menor a 5°. Los conductores van apoyados en aisladores tipo pin en una sola cruceta.

Apoyos de ángulo sin apertura

Se utilizan para ángulos de deflexión de la red que van desde 5° hasta 30°. Los conductores van apoyados en aisladores tipo pin con dos crucetas.

Apoyos de retención

Tiene varias funciones y por lo general se utilizan para contener o evitar la propagación de una falla como consecuencia de la rotura de un conductor, además de ser utilizadas para establecer cantos en la línea y dar apertura a los conductores. Se usan para dar apoyo sin cambio de dirección de la línea (ángulo de deflexión de 0°). Los conductores van sujetos a las crucetas (dos crucetas) mediante el uso de aisladores de cadena.

Apoyos de retención en ángulo

Tienen la misma función del apoyo anterior y se pueden usar para ángulos de deflexión de hasta 60°.

Apoyos terminales

Se utilizan donde la red empieza o finaliza.

Apoyos especiales

Los postes especiales son aquellos que tienen una función diferente a las definidas para los apoyos anteriores.

Conductores

Para las redes de MT los conductores a emplear serán de aluminio con alma de acero (ACSR) desnudos y cubiertos cumpliendo con las Especificaciones Técnicas ET-TD-ME01-03 y ET-TD-ME01-05, ver en los archivos anexos.

Las características generales de estos conductores y cables se dan en los anexos Figura 27 y son suministrados por la empresa CENTELSA.

Crucetas

Las crucetas a utilizar serán ángulos metálicos galvanizados en caliente según especifica el capítulo 11 de la norma CNS-NT.

Configuraciones estructurales

Dependiendo de varios factores se puede optar por varias configuraciones estructurales, las más utilizadas son la configuración tipo horizontal y la configuración tipo bandera.

Configuración horizontal

Esta configuración es utilizada cuando no se tienen inconvenientes con las distancias mínimas de seguridad.(Distribución & Kv, 2008, ESTRUCTURAS 13.2 KV)

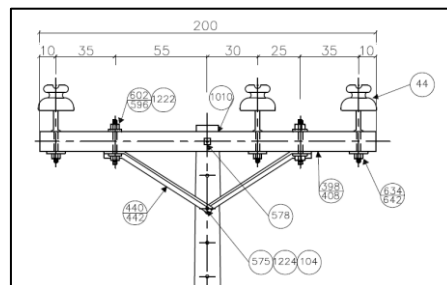


Figura 1. Configuración horizontal (Fuente: Norma CENS-CNS-03-511-02 13.2KV)

Configuración tipo bandera

Esta configuración es utilizada para aumentar las distancias de seguridad con edificios o zonas de acceso público. Para apoyos de alineación se usa una sola cruceta, para el resto de apoyos se usan dos crucetas. (Distribución & Kv, 2008, ESTRUCTURAS 13.2 KV)

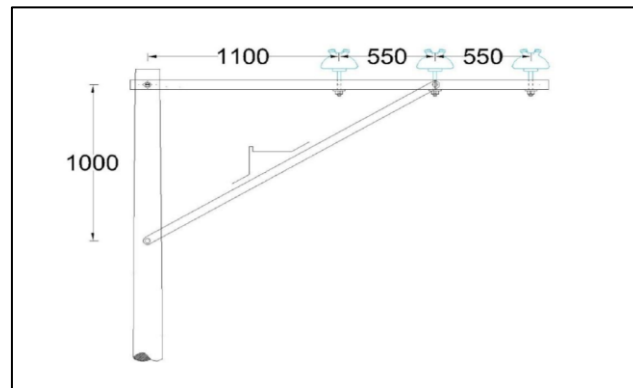


Figura 2. Configuración tipo bandera (Fuente: Norma CENS-CNS-03-B02-02 13.2KV)

Configuración H

Estas configuraciones son utilizadas cuando los vanos entre apoyos deben ser muy largos y por ende las anteriores estructuras no soportarían los esfuerzos en dichos vanos. Para apoyos de alineación se usa una sola cruceta, para el resto de apoyos se usan dos crucetas. (Distribución & Kv, 2008, ESTRUCTURAS 13.2 KV)

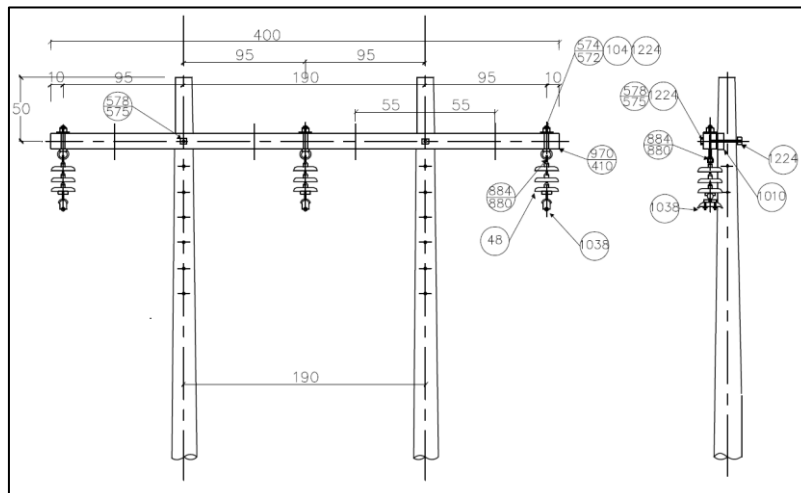


Figura 3. Configuración en H (Fuente: Norma CENS-CNS-03-226-02 13.2KV)

Configuración especial RE300

Esta es una configuración en retención utilizada en vanos aún mayores entre apoyos de los soportados por las estructuras en H y además pueden ser usados en ángulos de hasta 90° a estos rangos altos de vanos. Estas tienen dos adaptaciones una de las cuales cuenta con crucetas y la otra con templetes internos.

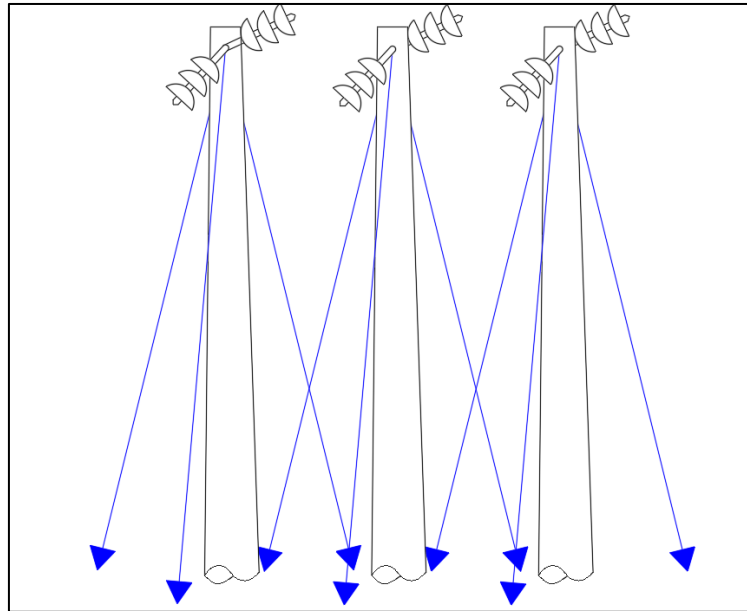


Figura 4. Representación gráfica RE300 (Fuente: Elaboración propia)

Calculo Mecánico De Conductores

El objeto de los cálculos mecánicos es controlar la tensión mecánica de los conductores para las diferentes condiciones de carga mecánica a las que estarán expuestas las estructuras, conductores, herrajes y los diferentes elementos que componen la red; ello con el fin de brindar seguridad y continuidad en la prestación del servicio, buscando identificar la relación adecuada entre la longitud de vanos y capacidad de estructuras. (Dávila, Las, & Aeras, 2019)

Hipótesis de diseño y límites de tensión mecánica

La Tabla 3 muestra las diferentes hipótesis usadas para el cálculo mecánico de los conductores según la zona donde se encuentre ubicada la red.

Tabla 3
Hipótesis de diseño de conductores

Hipótesis	Parámetros	Zona según altura sobre el nivel del mar		
		0<msnm<1000	1000<msnm<2000	2000<msnm
Condición extrema	Temperatura (°C)	21	15	9
	Vel. Viento (km/h)	100	80	60
	% carga de rotura	40	40	40
Every day stress	Temperatura (°C)	25	19	14
	Vel. Viento (km/h)	15	11	7
	% carga de rotura	20	20	20
Condición de máxima flecha	Temperatura (°C)	75	70	65
	Vel. Viento (km/h)	0	0	0

Hipótesis usadas en el cálculo mecánico de los conductores

Flecha del cable

Para el cálculo de las flechas se utiliza la aproximación parabólica, quedando de la siguiente forma,

$$f = \frac{a^2 P}{8T} [m]$$

Ecuación 4. Ecuación de flecha del conductor

donde:

a = vano (m)

P = peso del cable (kgf/m)

T = Tensión en el cable (kgf)

La longitud del cable se determina de forma aproximada con la siguiente expresión

$$L = a \left(1 + \frac{a^2 P^2}{24T^2} \right) [m]$$

Ecuación 5. Ecuación de longitud de conductor

Sobrecarga en los cables

Cuando el viento sopla en dirección transversal a la línea, se ejerce una presión (fuerza en cada unidad de superficie) sobre los conductores. La carga unitaria en un conductor debida a la acción del viento (P_v) es el resultado de multiplicar un coeficiente de presión por la presión dinámica que actúa sobre el mismo y por el diámetro del conductor. (Dávila, Las, & Aeras, 2019)

$$p_v = C_f q \phi \left[\frac{kgf}{m} \right]$$

Ecuación 6. Carga unitaria por acción del viento

La presión dinámica que ejerce el viento se calcula de la siguiente forma:

$$q = 0.0613 v^2 \left[\frac{kgf}{m^2} \right]$$

Ecuación 7. Presión dinámica ejercida por el viento

donde V es la velocidad del viento en m/s .

El coeficiente de presión C_F es igual a 1.1 si el diámetro del conductor es menor a 15.8 mm , e igual a 1.0 si es mayor a 15.8 mm .

La carga unitaria total con viento, también llamado peso unitario aparente, es igual a:

$$P_t = \sqrt{P^2 + P_v^2} \left[\frac{kgf}{m} \right]$$

Ecuación 8. Peso unitario aparente

Calculo mecánico de apoyos

8.1. Generalidades

El cálculo mecánico se realiza de forma individual para cada uno de los apoyos según su función, bajo condiciones de operación normal y anormal, teniendo en cuenta todas las cargas que pueden actuar sobre estos.

La Figura 5 ilustra la representación de las fuerzas y momentos flectores en un sistema cartesiano. De esta forma tendremos fuerzas longitudinales en la dirección X, transversales en la dirección Z y verticales en la dirección Y, así como también momentos longitudinales, transversales y de torsión en sus respectivas direcciones

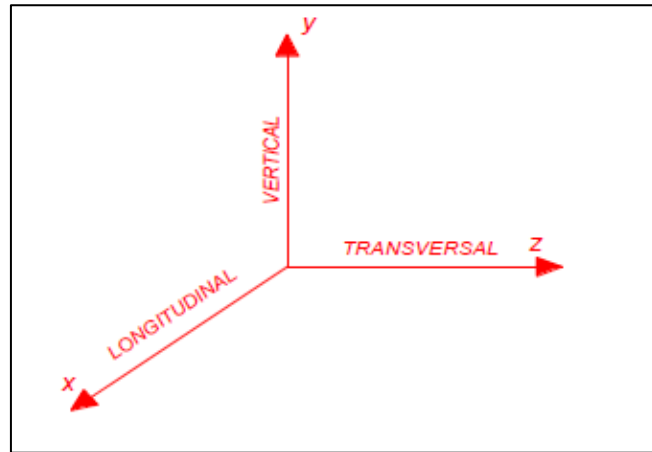


Figura 5. Representación cartesiana de fuerzas y momentos

Consideraciones

El factor de seguridad en apoyos no deberá ser menor a 2,5. (RETIE, 2013, p. 121–122)

Metodología de calculo

Para el cálculo mecánico de los apoyos se realiza primero el cálculo mecánico de los conductores, obteniendo las tensiones máximas para cada hipótesis; Luego, se determinarán todas las fuerzas longitudinales, transversales y verticales que actúan en cada uno de los apoyos dependiendo de su función y configuración estructural. Conocidas estas fuerzas se calculan los momentos flectores en la base de los apoyos en su dirección longitudinal y transversal (los efectos de torsión serán ignorados). Finalmente se calcula el momento flector equivalente, verificando que este sea menor al momento flector resistente del poste. (Dávila, Las, & Aeras, 2019)

Momento resistente

El momento resistente de un poste viene dado por un factor de seguridad y por su carga de rotura, el cual es determinado mediante ensayos mecánicos por la empresa fabricante. Esta carga es aplicada a una distancia de 20 cm de la cima del poste según especifica la norma NTC 1329. (Dávila, Las, & Aeras, 2019)

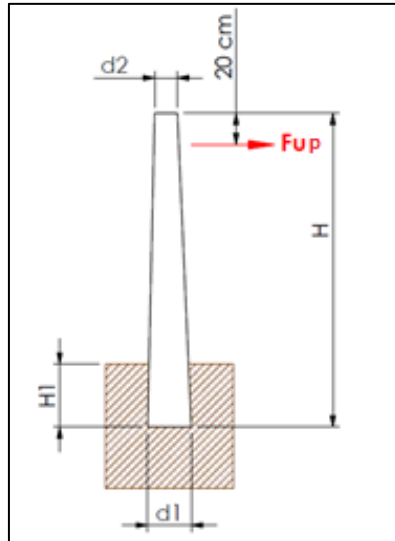


Figura 6. Aplicación de la carga de rotura en ensayos mecánicos (Fuente: NTC 1329)

El momento resistente de un poste se calcula de la siguiente manera,

$$M_U = \frac{F_{up}}{f_s} (H - H_1 - 0,2) [\text{kg m}]$$

Ecuación 9. Momento resistente del poste

donde:

F_{up} = carga de rotura del poste (kg)

H_1 = longitud de empotramiento (m)

f_s = factor de seguridad igual a 2,5

$$H_1 = 0,1 H + 0,6 [\text{m}]$$

Ecuación 10. Longitud de empotramiento

Condiciones de operación

Tabla 4

Condiciones de operación

Tipo de apoyo	Condición normal	Condición anormal
Alineación (ALN)	Todos los conductores sanos con velocidad máxima de viento transversal.	No aplica.
Ángulo sin apertura (ANG)	Todos los conductores sanos con velocidad máxima de viento transversal.	No aplica.
Retención 0° (RET)	Todos los conductores sanos con velocidad máxima de viento transversal.	Desequilibrio de tensión horizontal del 50% sin considerar la acción transversal por viento.
Retención en ángulo (RAG)	Todos los conductores sanos con velocidad máxima de viento transversal.	Desequilibrio de tensión horizontal del 50% sin considerar la acción transversal por viento.
Terminal (TER)	Todos los conductores sanos con velocidad máxima de viento transversal.	No aplica.

Condiciones de operación para evaluar los cálculos mecánico (Fuente: (Dávila, Las, & Aeras, 2019))

Fuerzas longitudinales

Se representan en la dirección X en sentido longitudinal del tramo recto de la línea. Estas fuerzas se presentan en apoyos de retención (ang 0°) y terminales. En apoyos de retención (ang 0°) se debe al desequilibrio de tensiones que se puede presentar a causa de un conductor roto o por diferencia en la longitud de los vanos adyacentes (condición anormal). En apoyos terminales la fuerza longitudinal es igual al 100% de la tensión horizontal ejercida por los conductores en un solo sentido. (Dávila, Las, & Aeras, 2019)

La fuerza longitudinal en apoyos terminales es igual a:

$$F_L = T_{max}N$$

Ecuación 11. Fuerza longitudinal en apoyos terminales

y para para apoyos de retención (ang 0°) en condición anormal:

$$F_L = 0.5T_{max}N$$

Ecuación 12. Fuerza longitudinal en apoyos en retención

donde:

T_{max} = Tensión máxima obtenida del cálculo mecánico de conductores (kgf)

N = número de fases o de conductores

Fuerzas transversales

Las fuerzas transversales se representan en la dirección Z en sentido perpendicular a la línea para tramos rectos. Son originadas por la acción del viento sobre conductores, postes y equipos y por la fuerza resultante de tracciones en cambios de dirección de la línea (apoyos de ángulo y retención en ángulo). En estos apoyos, la dirección Z (*transversal*) va en el sentido de la fuerza resultante, y es en esta dirección donde se aplica la fuerza del viento. (Dávila, Las, & Aeras, 2019)

Fuerzas de viento en condición normal

La fuerza que ejerce el viento sobre los conductores, postes y equipos se determina teniendo en cuenta la presión dinámica del viento y del coeficiente aerodinámico que depende de la geometría que se esté analizando. La dirección del viento se asumirá horizontal en dirección transversal. (Dávila, Las, & Aeras, 2019)

La presión dinámica es igual a:

$$F_L = 0,0613 V^2 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right]$$

Ecuación 13. Presión dinámica ejercida por el viento

donde V es la velocidad del viento en m/s .

Sobre conductores

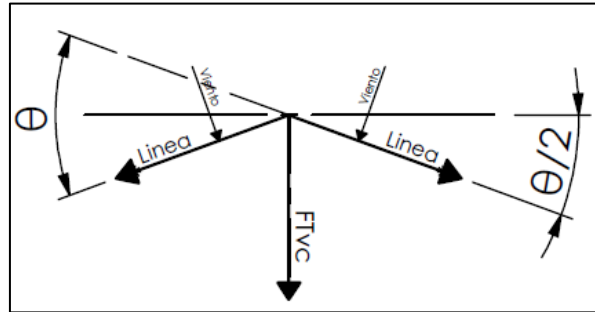


Figura 7. Fuerza transversal por viento en conductores

Para conductores o haces de conductores la fuerza de viento es igual a:

$$F_{Tvc} = NC_f q A \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) [\text{kg}]$$

$$F_{Tvc} = NC_f q \phi a_v \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) [\text{kg}]$$

Figura 8. Fuerza transversal por el viento en conductores

donde:

N = número de fases o de conductores

θ = ángulo de deflexión de la línea

A = área superficial expuesta al viento

C_f = coeficiente aerodinámico (ver Tabla 3)

ϕ = diámetro del conductor (m)

a_v = elovano (m)

El vano viento o elovano es la longitud de vano horizontal a considerar para calcular la fuerza de viento que se transmite al poste. Esta longitud queda determinada por la semisuma de los vanos contiguos al apoyo, así:

$$a_v = \frac{a_1 + a_2}{2} [\text{m}]$$

Ecuación 14. Cálculo del elovano

donde a_1 y a_2 son la longitud horizontal de los vanos adyacente y posterior.

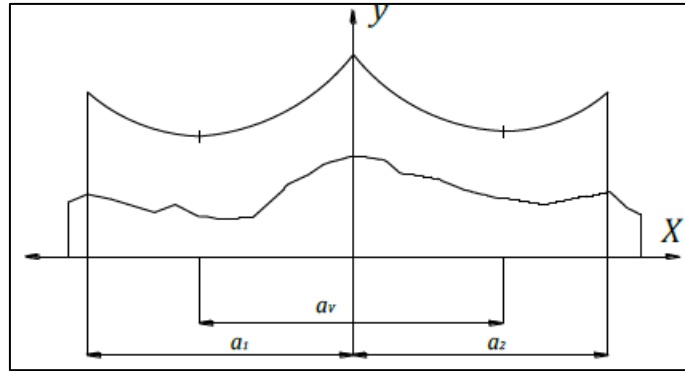


Figura 9. Vano viento o elovano

Sobre postes

Para calcular la fuerza transversal del viento sobre postes se aplica la ecuación 17 con el área superficial expuesta determinada de la siguiente forma:

$$A = H_2 \left(\frac{d'_1 + d_2}{2} \right) [m^2]$$

Ecuación 15. Área superficial expuesta del poste

donde d'_1 es el diámetro del poste a nivel del terreno.

$$d'_1 = d_1 - 0,015H_1 [m]$$

Ecuación 16. Diámetro de poste a nivel de terreno

Por lo tanto, la fuerza de viento sobre un poste queda de la siguiente forma:

$$F_{tvp} = C_f q A [kg]$$

Ecuación 17. Fuerza transversal sobre postes

$$F_{tvp} = C_f q (H - H_1) \left(\frac{d_1 - 0,015H_1 + d_2}{2} \right) [kg]$$

La fuerza de viento F_{tvp} se aplica en el centro de masa del poste que está ubicado a una distancia H_g del terreno.

$$H_g = \frac{H - H_1}{3} \frac{2d_2 + d_1'}{d_1' + d_2} [\text{m}]$$

Ecuación 18. Distancia del centro de masa del poste a nivel de suelo

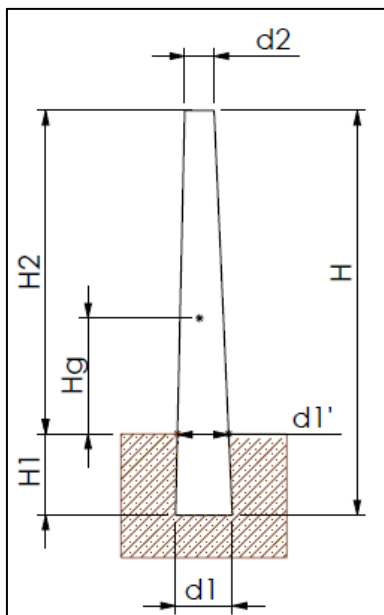


Figura 10. Características geométricas de un poste

En la Tabla 5 se tabulan los valores de la fuerza transversal por viento sobre los postes (F_{Tvp}) de 12m y 14m normalizados para la velocidad de viento considerara de 100 km/h.

Tabla 5.

Fuerza transversal por viento sobre postes normalizadas

Designación del poste	Carga de diseño (kg)	Longitud total (m)	Fuerza de viento (kg)
12/510	510	12	107
12/750	750	12	107
12/1050	1050	12	128.8
14/750	750	14	146.4
14/1050	1050	14	159.2
14/1350	1350	14	172

Tabla normalizada de fuerzas transversales para postes de 12m y 14m (Fuente: (Dávila, Las, & Aeras, 2019))

Fuerza por resultante de tracciones en condición normal

La fuerza resultante por cambio de dirección en la línea se da en apoyos de ángulo sin retención y en apoyos de retención en ángulo, esta fuerza es igual a:

$$F_{TR} = 2NT_{max} \text{Sen} \left(\frac{\theta}{2} \right) [\text{kg}]$$

Ecuación 19. Fuerza por resultante de tracciones en condición normal

Fuerza por resultante de tracciones en condición anormal

La condición de operación anormal tiene en cuenta el desequilibrio de tensión horizontal debido a la rotura de un conductor en uno de los vanos o por diferencia en la longitud de los vanos contiguos. La fuerza resultante con desequilibrio de tracciones es igual a:

$$F_{TR} = \sqrt{0,5T_{max}^2 \text{Cos}^2 \left(\frac{\theta}{2} \right) + 1,5T_{max}^2 \text{Sen}^2 \left(\frac{\theta}{2} \right)}$$

Ecuación 20. Fuerza resultante con desequilibrio de tracciones

Y el ángulo de la resultante se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Cos}(\alpha) = \frac{F_{TR}^2 + T_{max}^2 - 0,5T_{max}^2}{2F_{TR}T_{max}}$$

Ecuación 21. Angulo de la fuerza resultante de traccion

Fuerzas verticales

Las fuerzas verticales se representan en la dirección Y y se presentan a causa del peso propio de los conductores, transformadores, aisladores y demás elementos que soporta el poste.

Momentos de reacción en el apoyo

En la base del apoyo se producirán momentos de reacción, para los cuales se calculará el momento resultante en la dirección longitudinal y en la dirección transversal.

Momento longitudinal resultante en apoyos MT

El momento longitudinal resultante en apoyos de media tensión es igual a:

$$M_{lmt} = F_L H_c$$

Ecuación 22. Momento longitudinal resultante

donde H_c es la altura a la que están ubicados los conductores.

Momento transversal resultante en apoyos MT

El momento transversal resultante en apoyos de media tensión es igual a:

$$M_{Tmt} = M_{Tv} M_{TFR} M_{TDFV} \quad [\text{kg m}]$$

Ecuación 23. Momento transversal resultante en apoyos de media tensión

donde M_{Tv} es el momento transversal por fuerzas de viento,

$$M_{Tv} = (F_{Tvc} H_c + F_{Tvc} H_t) \quad [\text{kg m}]$$

Ecuación 24. Momento transversal por fuerzas de viento

siendo 1,2 un factor amplificador que tiene en cuenta la fuerza de viento sobre los aisladores, crucetas y demás accesorios, y H_t la altura a la que se ubica el transformador. M_{TFR} es el momento transversal por fuerza resultante, el cual se da en apoyos de ángulo sin retención y de retención angular.

M_{TDFV} es el momento transversal debido al desequilibrio de fuerzas verticales, el cual solo se da en apoyos con configuración en bandera,

$$M_{TDFV} = (P_a)(L_1 + L_2 + L_3) + P_{cr} L_c + M_{Tpt} \quad [\text{kg m}]$$

Ecuación 25. Momento transversal debido al desequilibrio de fuerzas verticales en estructuras tipo bandera y M_{Tpt} es el momento transversal causado por el peso del transformador (solo se tiene en cuenta si en el poste se va apoyar un transformador),

$$M_{Tpt} = P_t L_t$$

Ecuación 26. Momento transversal causado por el peso del transformador

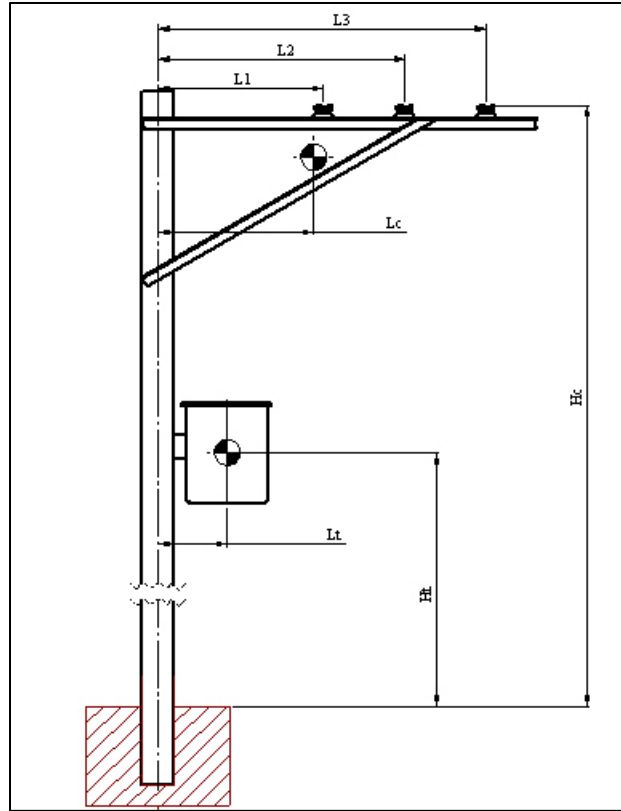


Figura 11. Cotas para el cálculo del momento transversal.

Momento de reacción equivalente

El momento de reacción en la base del apoyo se determinará de la siguiente forma:

$$M_{EQ} = \sqrt{M_T^2 + M_L^2}$$

Ecuación 27. Momento de reacción equivalente

con:

$$M_T = M_{Tmt} + M_{Tbt}$$

Ecuación 28. Momento transversal total

$$M_L = M_{Lmt} + M_{Lbt}$$

Ecuación 29. Momento longitudinal total

Criterio de selección de postes

Para la selección del poste a utilizar según las condiciones y cargas a las que va estar sometido, se debe cumplir la siguiente expresión:

$$M_U > MEQ$$

Ecuación 30. Criterio de selección de postes

PLS- CADD

Luego de ver toda la metodología de cálculo para determinar los apoyos de las estructuras se busca la manera de optimar este proceso, esto se logra haciendo uso del software PLS-CADD que automatiza el cálculo de las cargas para las estructuras del diseño y la verificación de la resistencia de acuerdo con la mayoría de los estándares internacionales (ASCE, NESC, IEC, CENELEC, etc.).

PLS-CADD perteneciente a Power Line Systems en los últimos 30 años ha tenido una estrecha participación con las organizaciones que desarrollaron estos estándares y los comentarios de las compañías eléctricas que requieren su uso.

Alimentador Sarc2 – Culc2

Selección de la ruta para el Trazado del alimentador

Para la selección del trazado se realizó salidas a terreno entre los circuitos SARC2 - CULC2 en la vereda del Higuerón municipio de Sardinata y así mismo para seleccionar los nodos eléctricos de posible conexión, garantizando que estos nodos cumplen con las características eléctricas necesarias para la interconexión del nuevo alimentador.

Los puntos de los apoyos para el trazado del alimentador se registraron con un GPS para ser usados en los softwares Google Earth, MapSource, Global Mapper y PLS-CADD, los cuales cuentan con herramientas para visualizar la cartografía, perfiles de elevación (Curvas de nivel), distancias y análisis estructurales para los apoyos (PLS-CADD) que serán usados para el diseño del alimentador.

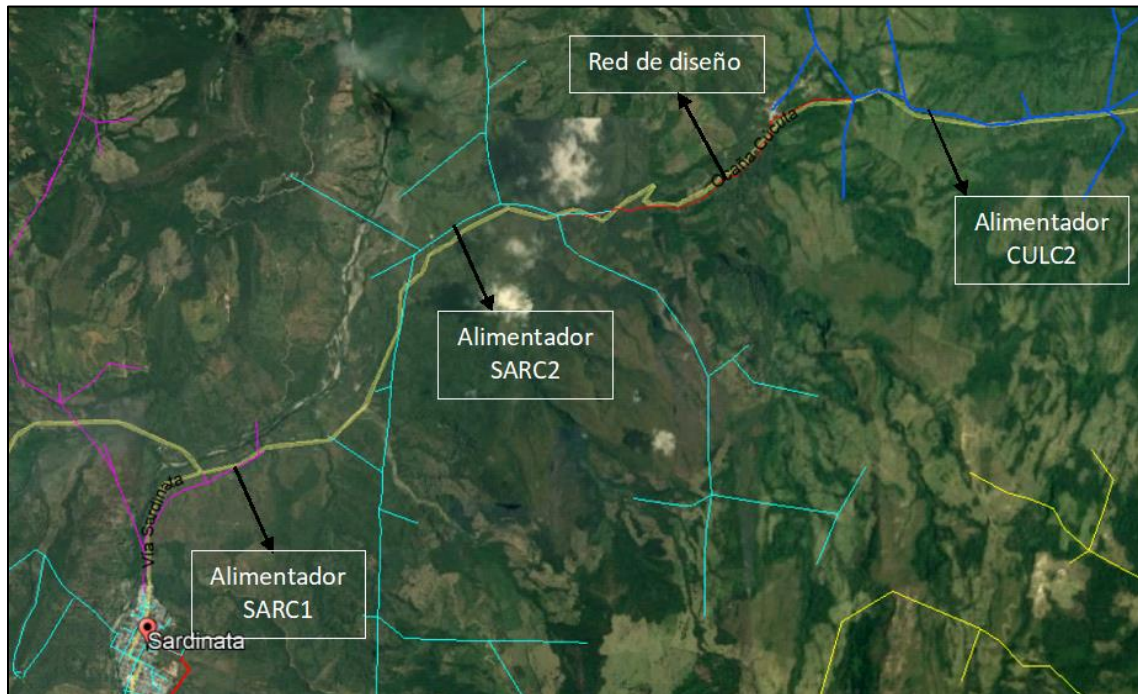


Figura 12. Ubicación del nuevo alimentador en los circuitos SARC2 – CULC2

(Fuente: Elaboración propia con programa Google Earth)

Tabla 6

Coordenadas y ubicación para el trazado de nuevo alimentador SARC2-CULC2

COORDENADAS SARC2 - CULC2					
PUNTO	ESTE	NORTE	LATITUD	LONGITUD	ALTURA(m)
P1	1149205	1392353	8.141813967	-72.7237419	552
P2	1149153	1392158	8.140052869	-72.72421953	582
P3	1149115	1392026	8.138860825	-72.72456825	580
P3A	1148615	1391892	8.137664639	-72.72910801	494
P4	1148433	1391844	8.137236227	-72.73076045	488
P5	1148223	1392007	8.138715957	-72.73266053	505
P5A	1148064	1391967	8.138359156	-72.73410409	479
P6	1147430	1391808	8.136940878	-72.73986014	487
P6A	1147301	1391802	8.136890493	-72.74103054	475
P7	1146937	1391786	8.136756715	-72.74433301	428
P8	1146628	1391548	8.134614523	-72.74714318	351
P9	1146519	1391192	8.131399723	-72.74814256	317
P10	1146427	1391069	8.130290602	-72.74898078	299
P11	1146321	1391073	8.130329901	-72.74994222	304
P12	1146061	1391016	8.129822349	-72.75230245	306
P13	1145930	1391028	8.129934694	-72.75349044	299
P14	1145681	1390999	8.129679901	-72.75575005	299

Coordenadas obtenidas con GPS Garmin Etrex 10 (Fuente: Obtención propia)

Con las coordenadas del GPS se procede a el uso del software Google Earth para la delimitación del trazado de la red y posterior conversión de estos puntos en formato gpx (formato interno del GPS Garmin) a formato KML o KMZ, los cuales cuentan con la información geográfica del sector (hemisferio norte – Zona 18 en coordenadas UTM).

el archivo KML exportado por Google Earth permite además ver una previsualización del alimentador y las condiciones topográficas del sector, lo cual permite identificar valles y laderas de las montañas del terreno.

Esto se puede ver en detalle en el archivo anexo “SARC2-CULC2 KML” al ser ejecutado por el software correspondiente.



Figura 13. Trazado y ubicación del nuevo alimentador entre los circuitos SARC2 – CULC2

(Fuente: Google Earth)

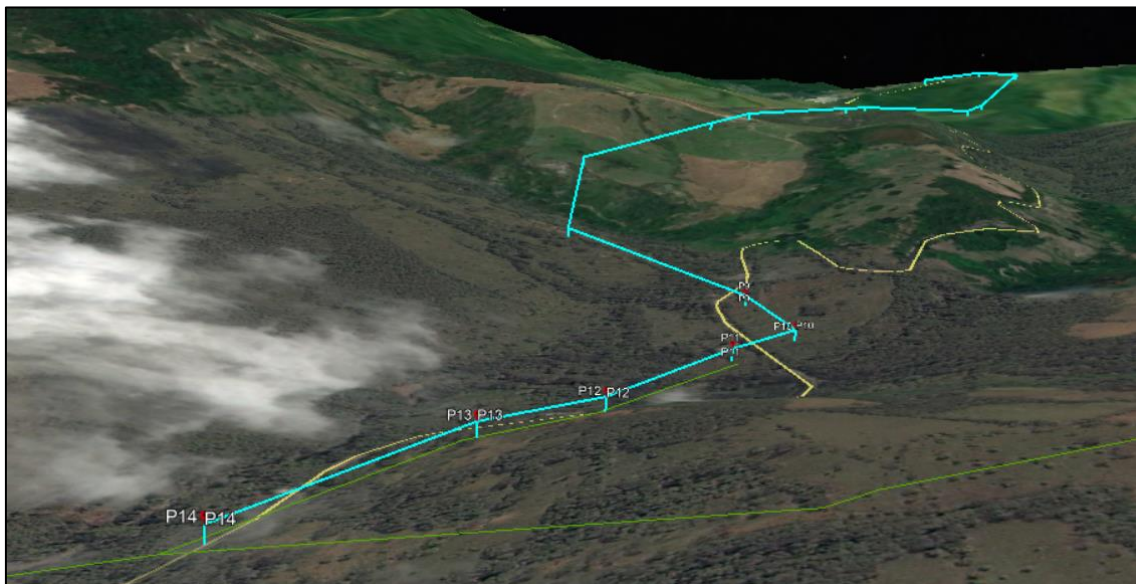


Figura 14. Previsualización del alimentador en el sector de interés (Fuente: Google Earth)

Ya seleccionado el trazado del alimentador SARC2-CULC2 y con la información geográfica aportada por el archivo KML se obtiene la información topografía del perfil de elevación del terreno pudiendo así observar los desniveles de cada punto con los demás puntos adyacentes.

Esto se obtiene por medio del software Global Mapper que permite obtener esta información topográfica, Esta información se puede ver en detalle en el archivo ANEXO “PEFIL SARC2-

CULC2” el cual cuenta con 1038 puntos de coordenadas MAGNA SIRGA (Equivalente al sistema de coordenadas de AutoCAD) con altura correspondiente a la ruta que sigue el trazado de la red.

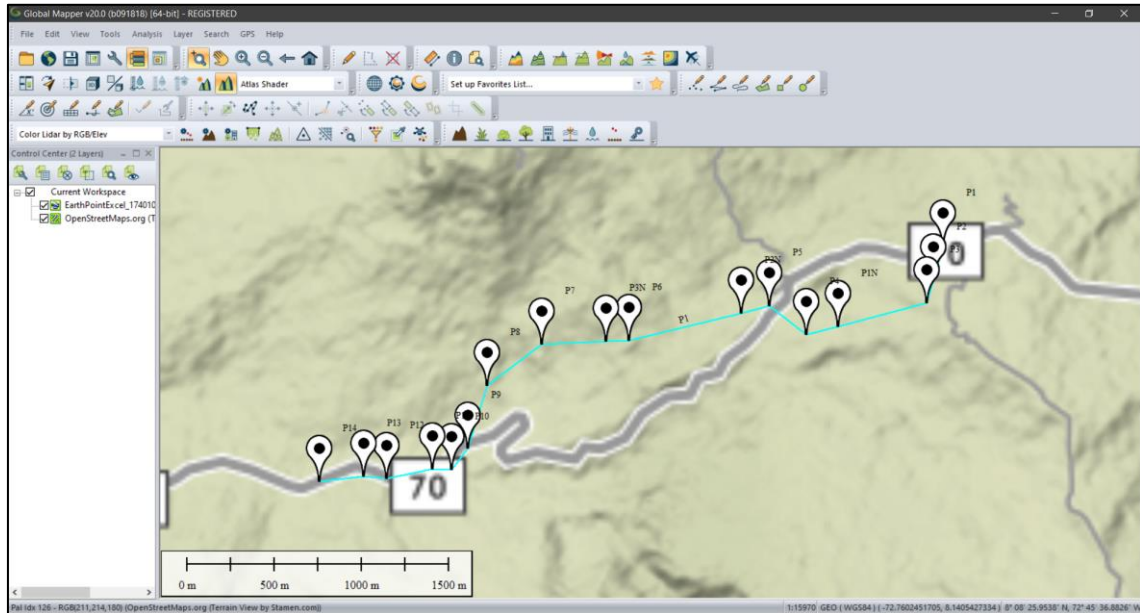


Figura 15. Interfaz de Global Mapper con la información geográfica para analizar (Fuente: Global Mapper)

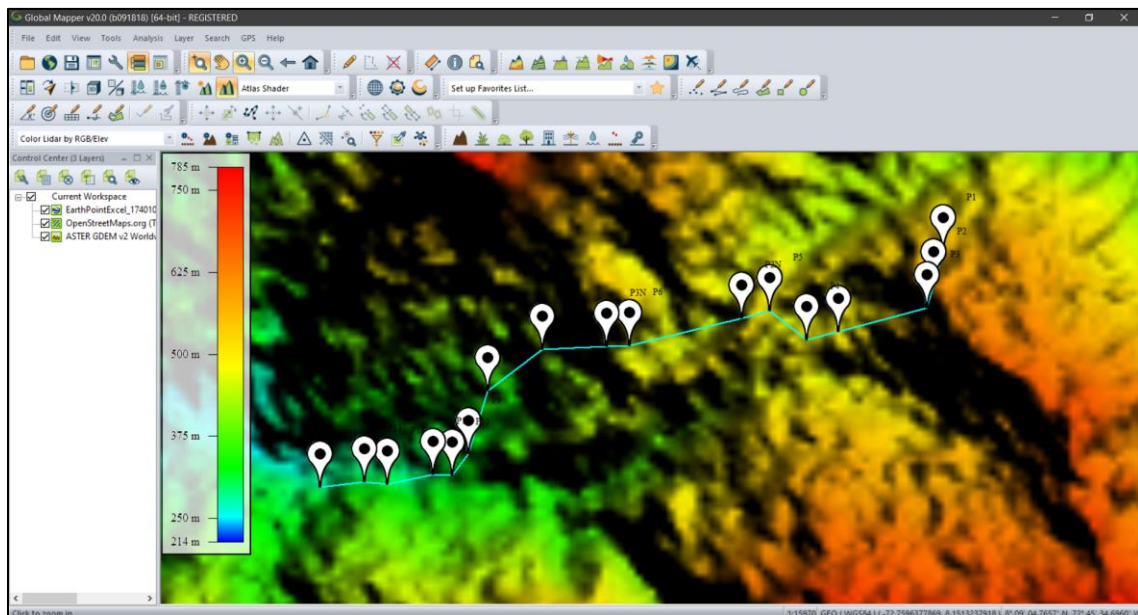


Figura 16. Curvas de nivel SARC2-CULC2 para visualizar la diferencia de alturas de los puntos del trazado (Fuente: Global Mapper)

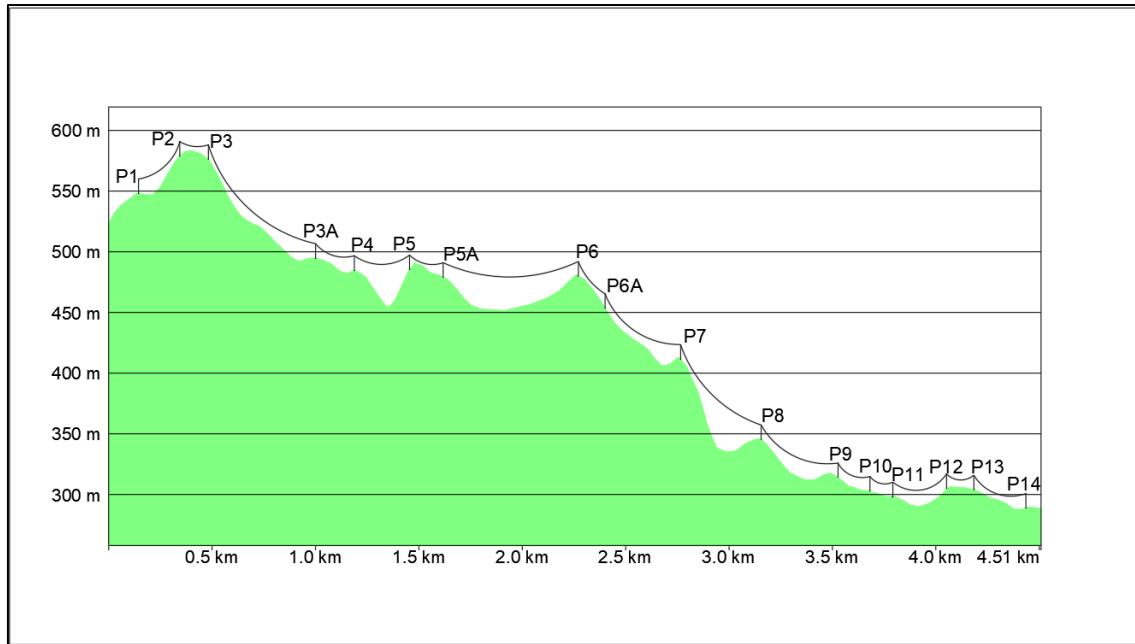


Figura 17. Visualización del perfil de elevación del trazado (Fuente: Global Mapper)

Cálculos eléctricos

Selección del conductor

El alimentador, al ser una troncal para una futura subestación la cual deberá suplir la carga minera y suplir de igual manera la demanda del municipio de sardinata en contingencias o por maniobras en el sistema eléctrico de CENS, parametriza un conductor 266 MCM con una capacidad de 90°C y 5.001V – 35.000V para 458 A observado en la Figura 27 de los anexos.

Al aplicarle el factor de ajuste del 80%, se revalida que el conductor toleraría 366 A siendo superior que la corriente nominal del circuito.

Regulación de tensión

La demanda para realizar el cálculo de regulación fue suministrada por el operador de red, la cual es de 2MVA, equivalente a la carga de la futura subestación y la carga a suplir del municipio de Sardinata.

La regulación de tensión se obtiene utilizando la ecuación número 1:

$$R\% = F_c \frac{K_G}{V_L^2} M$$

Para el primer tramo se calculó de la siguiente manera:

$$R\% = 1 \times \frac{22.83}{(13200 [V])^2} \times 2000 [kVA] \times 5[m]$$

$$R\% = 0.00131$$

Nota: Para este paso el factor de corrección (Fc) es igual a 1 ya que estos están determinados para redes trifásicas, la constante de regulación (KG) obtenidas de las tablas de CENS ya está multiplicado por el factor 100.

De igual modo se llevó a cabo el cálculo de la regulación en EXCEL de los demás vanos del trazado del alimentador, estos resultados se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla 7
Cálculo de regulación de tensión

REGULACIÓN DE TENSIÓN ENLACE SARC2 - CULC2						
PUNTO	TRAMO	DISTANCIA (m)	MOMENTO (kVA*Mt)	F.C	CONDUCTOR	%R
P1	P1	5	10000	1	ACSR 266 MCM	0.0013
P2	P1-P2	171	342000	1	ACSR 266 MCM	0.0448
P3	P2-P3	122	244000	1	ACSR 266 MCM	0.0320
P1N	P3-P1N	483	966000	1	ACSR 266 MCM	0.1266
P4	P1N-P4	158	316000	1	ACSR 266 MCM	0.0414
P5	P4-P5	230	460000	1	ACSR 266 MCM	0.0603
P2N	P5-P2N	132	264000	1	ACSR 266 MCM	0.0346
P6	P2N-P6	600	1200000	1	ACSR 266 MCM	0.1572
P3N	P6-P3N	99	198000	1	ACSR 266 MCM	0.0259
P7	P3N-P7	345	690000	1	ACSR 266 MCM	0.0904
P8	P7-P8	353	706000	1	ACSR 266 MCM	0.0925
P9	P8-P9	337	674000	1	ACSR 266 MCM	0.0883
P10	P9-P10	124	248000	1	ACSR 266 MCM	0.0325
P11	P10-P11	77	154000	1	ACSR 266 MCM	0.0202
P12	P11-P12	238	476000	1	ACSR 266 MCM	0.0624
P13	P12-P13	106	212000	1	ACSR 266 MCM	0.0278
P14	P13-P14	226	452000	1	ACSR 266 MCM	0.0592
					TOTAL	0.9974

Cálculo de regulación de tensión metodología CENS (Fuente: Elaboración propia)

Según la norma CENS - CAPITULO 2 PARÁMETROS DE DISEÑO, la suma de regulación de todos los tramos no puede ser superior al 1%; con lo cual se cumple con este requisito.

Pérdidas máximas de potencia.

Las pérdidas máximas de potencia se calculan utilizando la ecuación 3:

$$PL\% = \frac{r M}{V_L^2 \cos \varphi} 100$$

Para el primer tramo se calculó de la siguiente manera:

$$PL\% = \frac{0.001135 \times 10000}{(13200 [V])^2 \times 0.9} 100$$

$$PL\% = 7.2377 \times 10^{-6}$$

Nota: La Resistencia [Ohm/Km] es establecida en la Figura 27 de los anexos, para un conductor de calibre 266 MCM.

De igual modo se llevó a cabo el cálculo de la pérdida de potencia en EXCEL de los demás vanos del trazado del alimentador, estos resultados se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla 8
Cálculo de pérdida de potencia

PERIDAS DE POTENCIA TENSIÓN ENLACE SARC2 - CULC2						
PUNTO	TRAMO	DISTANCIA (m)	MOMENTO (kVA*Mt)	RESISTENCIA (ohm/km)	CONDUCTOR	%PL
P1	P1	5.00	10000	0.0011350	ACSR266 MCM	0.00001
P2	P1 -P2	171.00	342000	0.038817	ACSR266 MCM	0.00847
P3	P2-P3	122.00	244000	0.027694	ACSR266 MCM	0.00431
P3A	P3-P3A	483.00	966000	0.109641	ACSR266 MCM	0.06754
P4	P3A-P4	158.00	316000	0.035866	ACSR266 MCM	0.00723
P5	P4-P5	230.00	460000	0.052210	ACSR266 MCM	0.01532
P5A	P5-P5A	132.00	264000	0.029964	ACSR266 MCM	0.00504
P6	P5A-P6	600.00	1200000	0.136200	ACSR266 MCM	0.10422
P6A	P6-P6A	99.00	198000	0.022473	ACSR266 MCM	0.00284
P7	P6A-P7	345.00	690000	0.078315	ACSR266 MCM	0.03446
P8	P7-P8	353.00	706000	0.080131	ACSR266 MCM	0.03608
P9	P8-P9	337.00	674000	0.076499	ACSR266 MCM	0.03288
P10	P9-P10	124.00	248000	0.028148	ACSR266 MCM	0.00445
P11	P10-P11	77.00	154000	0.017479	ACSR266 MCM	0.00172
P12	P11-P12	238.00	476000	0.054026	ACSR266 MCM	0.01640
P13	P12-P13	106.00	212000	0.024062	ACSR266 MCM	0.00325
P14	P13-P14	226.00	452000	0.051302	ACSR266 MCM	0.01479
TOTAL						0.35899

Cálculo de pérdidas de potencia metodología CENS (Fuente: Elaboración propia)

En el cálculo de pérdidas de potencia se observa que la pérdida de potencia total del alimentador es de 0.35899%.

Se cumple con la norma CENS - CAPITULO 2 PARÁMETROS DE DISEÑO siendo que es menor al 1% estipulado en la norma como pérdida máxima para este tipo de red.

Tipo De Protección

Seccionadores de 15kv.

Para el alimentador se proyectan seccionadores monopolares a los extremos del mismo permitiendo así futuras maniobras y/o mantenimientos. Los seccionadores deberán estar diseñados para ser instalados a la intemperie sobre crucetas cruceta sencilla o doble, postes de concreto y fibra de vidrio mediante herrajes individuales.

A continuación, se describe los seccionadores que se utilizarán para realizar las aperturas de las líneas de media tensión sin carga del alimentador.

Tabla 9

Características de seccionadores de 15kv.

CARACTERISTICAS ELÉCTRICAS PARA SECCIONADORES DE 15 kV	
Tensión nominal de servicio	15 kV
B.I.L	110 kV
Corriente nominal	630 A
Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente nominal de corta duración	25 kA
Corriente pico a soportar	65 kA
Distancia de fuga mínima	≥278 mm
Con aislamientos para ambientes medio fuertes según NTC 3389	SI

Datos reanector MELEC - COMENSA

Cálculos Mecánicos

Para la selección de los apoyos se usa el software PLS-CADD para realizar los cálculos mecánicos, teniendo en cuenta consideraciones previas a cargar en el software, como lo son los

tipos de estructuras de cada punto en donde exista un apoyo, características del conductor, características de retenidas y perfil de nivel o topografía del trazado.

La disposición de las estructuras usadas en el proyecto fueron las estructuras en H (ver Figura 3), y retención especial RE300 (ver Figura 4).

Las características técnicas del conductor fueron:

Tabla 10

Características conductor 266MCM

Característica	Unidad	Valor
Calibre	kcmil	266.8
Designación	-	Partridge
Configuración	-	Desnudo
Sección total	mm ²	157.2
Diámetro	mm	16.3
Masa	kg/m	0.547
Carga de rotura	kgf	5120
Módulo de elasticidad	kg/mm ²	8358
Coef. De expansión térmica	1/°C	0.0000189

Especificaciones técnicas conductor de media tensión (Fuente: CENTELSA - Aluminio acsr)

Las características técnicas de las retenidas:

Tabla 11

Características para retenidas 3/8

Característica	Unidad	Valor
Tamaño nominal	Pulg	3/8
Torón/hilos	-	1/7
Material	-	Acero galvanizado extra resistente
Diámetro	mm	9,53
Masa	kg/m	0.407
Carga de rotura	kgf	6992
Módulo de elasticidad	kg/mm ²	17576
Coef. De expansión térmica	1/°C	0.00001152

Especificaciones técnicas para retenidas (Fuente: EMCOCABLES)

La curva de nivel fue determinada como se vio en la selección de la ruta para el Trazado del alimentador con el uso de las coordenadas tomadas en el GPS, el exporte KML de earth y su análisis en Global Mapper que se puede observar en la Figura 15 y Figura 16.

Dicho análisis arroja un Excel con el cual cuenta con 1038 puntos de coordenadas MAGNA SIRGA con altura correspondiente a la ruta que sigue el trazado de la red, ver en detalle en el archivo ANEXO “PEFIL SARC2-CULC2”.

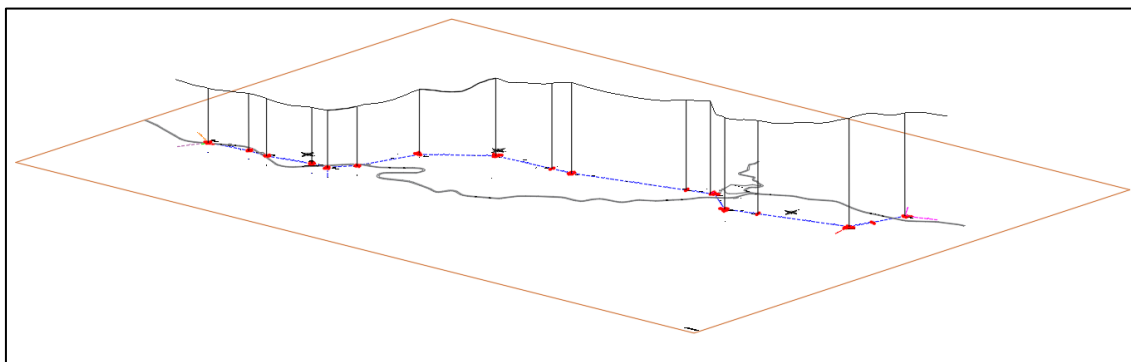


Figura 18. Representación de la curva en AutoCAD respecto a los puntos de los apoyos en el plano X, Y (Fuente: Elaboración propia - AutoCAD)

Estos datos X, Y, Z del perfil de nivel del trazado es importado al PLS-CADD posterior a la selección de las estructuras y características del conductor, el software procede a realizar el análisis mecánico para luego generar exportes con la selección de los apoyos, los exportes de cálculos mecánicos se ver en mas detalle en el archivo anexo “Memoria de cálculo - SARC2” y el las curvas con catenarias de las líneas en el archivo anexo “Trazado (SARC2)”.

Tabla 12
Resultados cálculo mecánico de apoyos

Estructura N°	Tamaño retenido (pulg)	# ret. Long. Vano anterior	# ret. Long. Vano posterior	Angulo máx. retenida (°)	Tensión inicial retenida (kg)	Selección poste	Configuración estructural
P1	3/8	2	2	60	80	F12-1050	RH-231 550x2
P2	-	0	0	-	-	F12-750	SH-226
P3-1	3/8	0	2	40	80	F12-1050	RH-231
P3-2	3/8	3	0	60	80	12-1050	RE-300
P3A	3/8	0	0	60	80	F12-750	SH-226

P4-1	3/8	3	0	40	80	F12-1050	RE-300
P4-2	3/8	2	0	40	80	F12-1050	RH-231
P5-1	3/8	0	2	45	80	12-750	RH-231
P5-2	3/8	3	0	60	80	12-1050	RE-300
P5A	3/8	0	0	60	80	F12-750	SH-226
P6	3/8	3	3	60	80	12-1050	RE-300
P6A	-	0	0	-	80	F12-750	SH-226
P7-1	3/8	6	0	45	80	F12-1050	RE-300
P7-2	3/8	0	6	45	80	F12-1050	RE-300
P8	3/8	6	4	60	80	F12-1050	RE-300 RH-230
P9	3/8	2	2	60	80	F12-1050	RH-230
P10	3/8	2	2	60	80	F12-1050	RH-231x2
P11	3/8	2	2	60	80	F12-750	RH-231
P12	3/8	2	2	60	80	12-1050	RH-230
P13	3/8	2	2	60	80	F12-1050	RH-230
P14	3/8	2	2	60	80	F12-1050	RH-230x2

Tabla de resultados de cálculos mecánicos con selección de apoyos (Fuente: PLS-CADD)

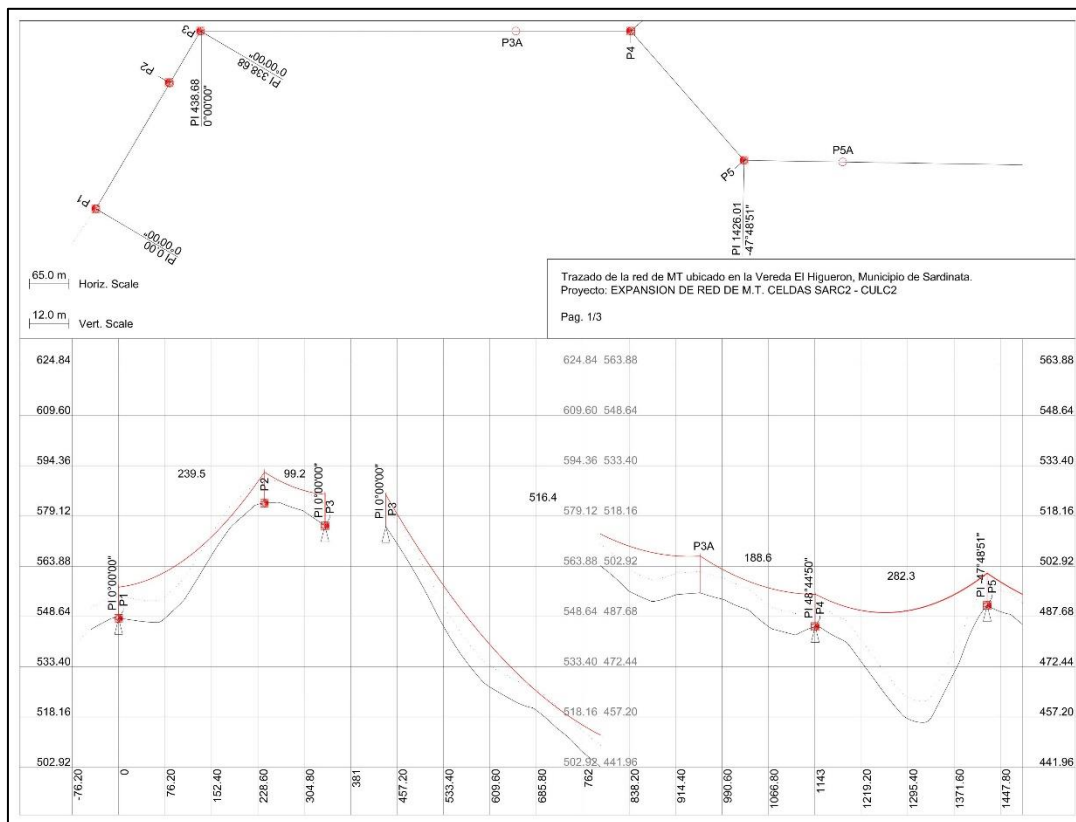


Figura 19. Trazado, perfil de nivel y catenarias SARC2-CULC2 parte 1 (Fuente: PLS-CADD)

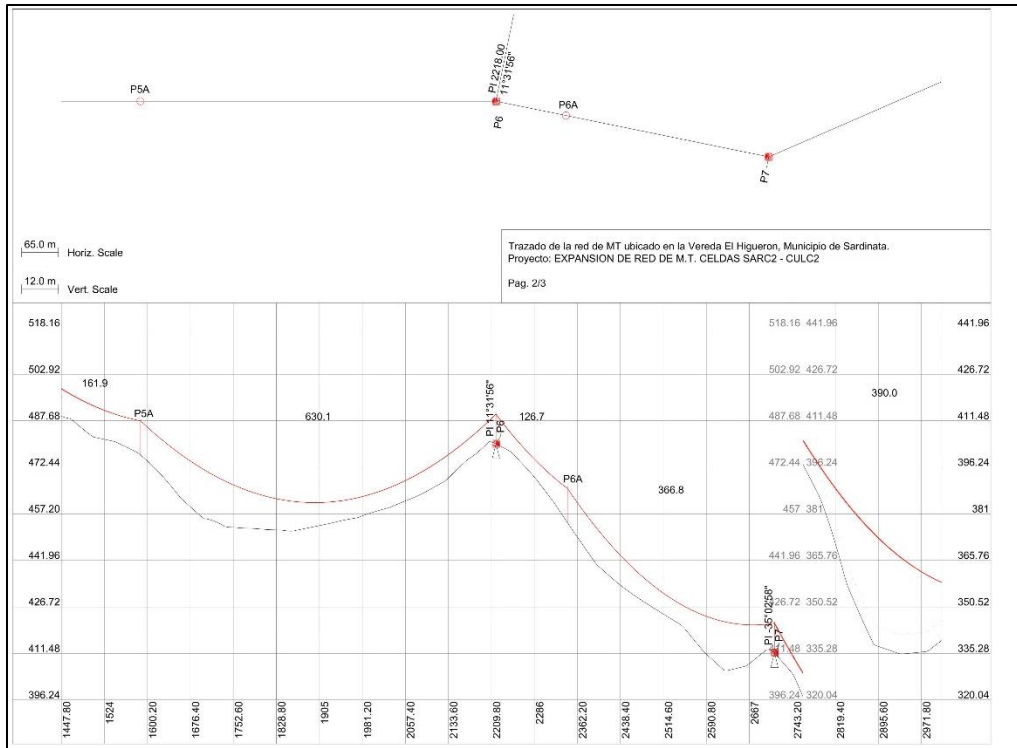


Figura 20. Trazado, perfil de nivel y catenarias SARC2-CULC2 parte 2 (Fuente: PLS-CADD)

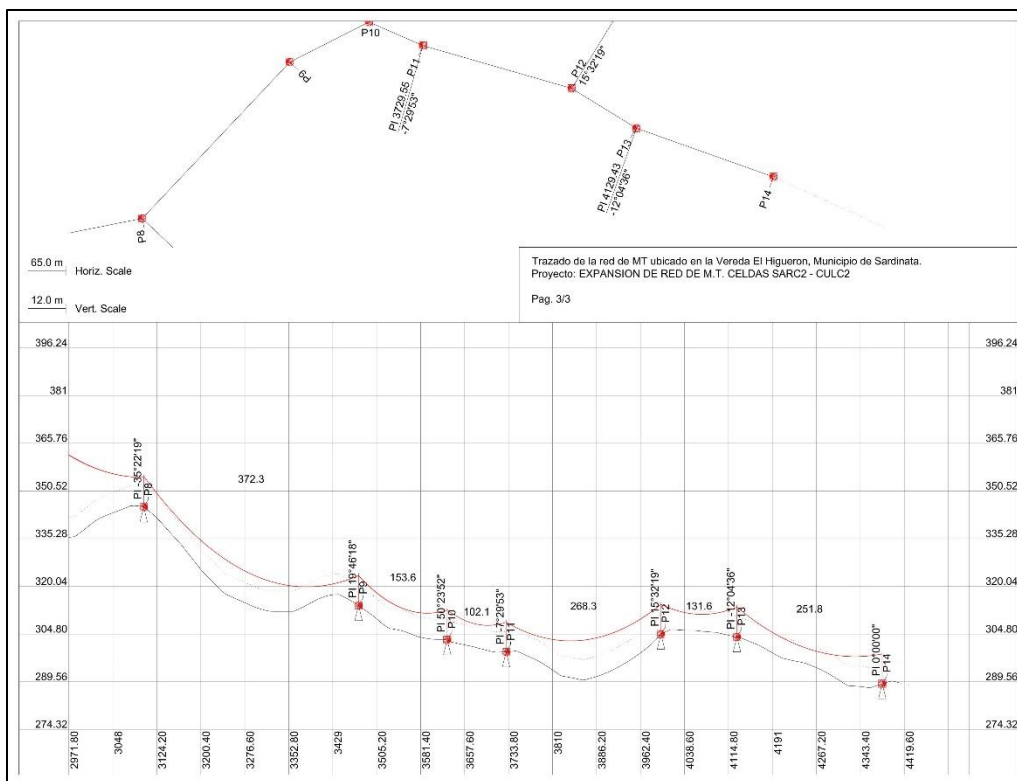


Figura 21. Trazado, perfil de nivel y catenarias SARC2-CULC2 parte 3 (Fuente: PLS-CADD)

Planos Eléctricos

Los planos eléctricos fueron realizados en el software AutoCAD haciendo uso de las coordenadas geográficas - cartesianas de la tabla 6 tomadas en terreno, usando convenciones para el fácil entendimiento del plano, estas convenciones se pueden ver en las siguientes figuras.

















	POSTE DE CONCRETO 12m EXISTENTE
	POSTE DE CONCRETO 12m x 510 kgf NUEVO
	POSTE DE CONCRETO 12m x 750 kgf NUEVO
	POSTE DE CONCRETO 12m x 1050 kgf NUEVO
	POSTE FIBRA DE VIDRIO 12m EXISTENTE
	POSTE FIBRA DE VIDRIO 12m x 510 kgf NUEVO
	POSTE FIBRA DE VIDRIO 12m x 750 kgf NUEVO
	POSTE FIBRA DE VIDRIO 12m x 1050 kgf NUEVO
	POSTE CONCRETO 14m EXISTENTE
	POSTE CONCRETO 14m x 510 kgf NUEVO
	POSTE CONCRETO 14m x 750 kgf NUEVO
	POSTE CONCRETO 14m x 1050 kgf NUEVO
	POSTE FIBRA DE VIDRIO 14m EXISTENTE
	POSTE FIBRA DE VIDRIO 14m x 510 kgf NUEVO
	POSTE FIBRA DE VIDRIO 14m x 750 kgf NUEVO
	POSTE FIBRA DE VIDRIO 14m x 1050 kgf NUEVO

Figura 22. Convenciones poste de media tensión






	RED M.T PROYECTADA TRIFÁSICA CABLE ACSR 266MCM PARTRIDGE13,2KV
	RED M.T EXISTENTE TRIFÁSICA CABLE ACSR 2 AWG CELDA CULC2 13,2KV
	RED M.T EXISTENTE MONOFÁSICA CABLE ACSR 2 AWG CELDA CULC2 13,2KV
	RED M.T EXISTENTE TRIFÁSICA CABLE ACSR 2 AWG CELDA SARC2 13,2KV
	RED M.T EXISTENTE MONOFÁSICA CABLE ACSR 2 AWG CELDA SARC2 13,2KV

Figura 23. Convenciones conductor MT 13.2 Kv

Para las estructuras se usaron las convenciones estipuladas por CENS en su normativa, las usadas son las siguientes:

- 550 - Estructura terminal trifásica disposición horizontal.
- 514 - Estructura terminal monofásica disposición horizontal.
- 730 - Derivación trifásica con cortacircuitos.
- 732 - Derivación trifásica sin cortacircuitos.

- 731 - Derivación monofásica con cortacircuitos.
- SH225 - Estructura de suspensión en h trifásica triangular.
- SH226 - Estructura de suspensión en h trifásica horizontal.
- RH230 - Estructura en abertura en h trifásica triangular.
- RH231 - Estructura en abertura en h trifásica horizontal.
- RE300 - Estructura en retención especial.

Para ver en más detalle los planos eléctricos revisar los archivos “DISEÑO ENLACE SARC2 - CULC2” en formato PDF o DWG anexos.

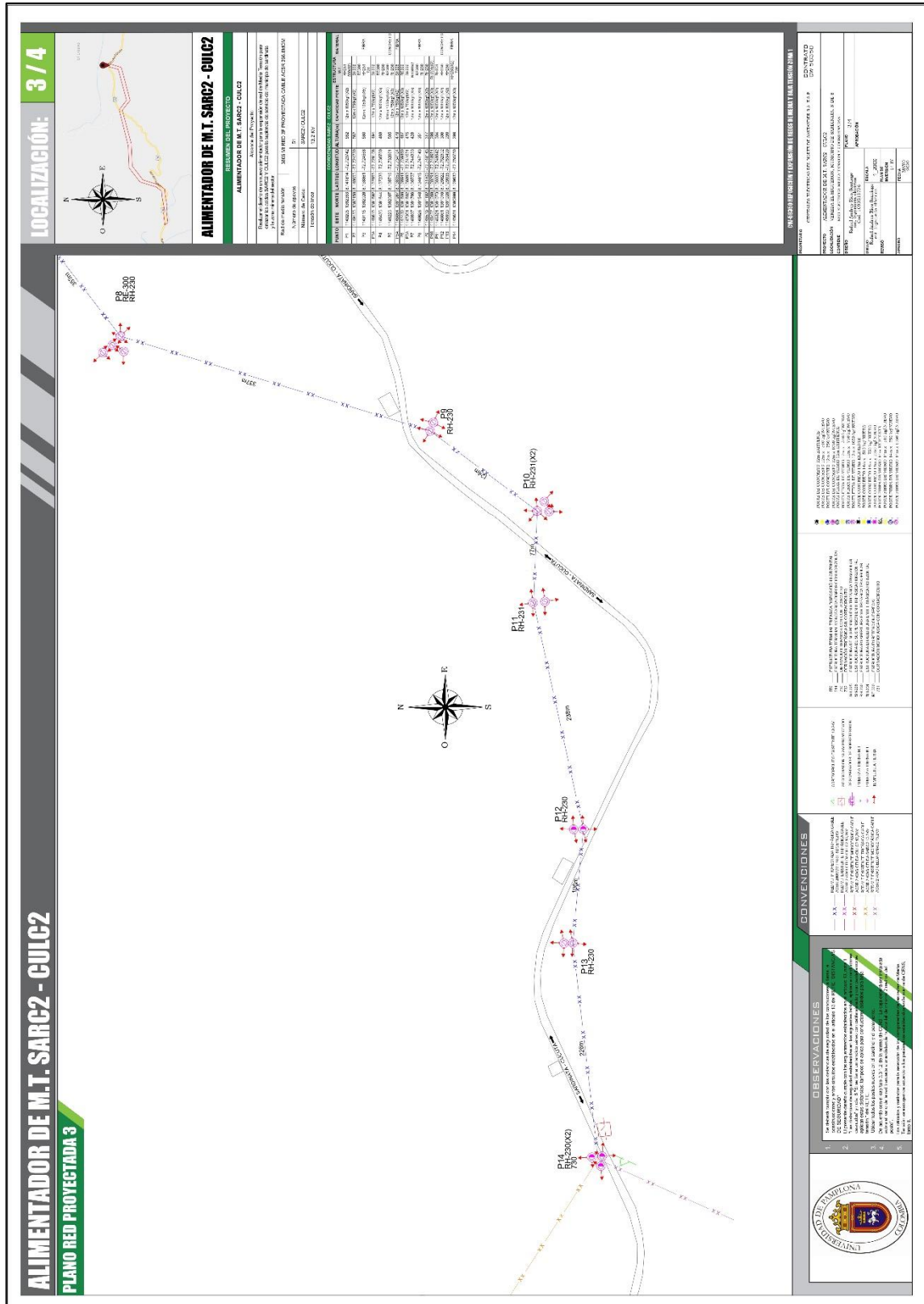


Figura 26. Figura 6. Plano eléctrico alimentador SACR2-CULC2 parte 3

Presupuesto Y Unidades Constrictivas

Presupuesto De Obra

Para la elaboración del presupuesto de este proyecto se debe analizar los precios unitarios (indica el valor de un bien, ítem o servicio) necesarios para la construcción del mismo. El presupuesto es la suma del producto del precio unitario por la cantidad de elementos necesarios.

Los elementos necesarios para el presupuesto están divididos principalmente en dos partes: una de materiales y otra de mano de obra, estos son analizados para cada estructura y posteriormente se determina el valor total de cada elemento o ítem; con estos valores se allá el subtotal del presupuesto para materiales y mano de obra.

Para la mano de obra, aparte del valor total de los elementos o ítems, se establecen unos factores determinados por el operador de red y contratista, los cuales son la utilidad y la administración del contrato a realizar, valores que oscilan para cada uno de ellos respectivamente entre un 5% y 7.5% del concepto de valor de la mano de obra. Para el material, según parámetros de ley vigente, se debe incluir el IVA equivalente al 19% del valor de los materiales.

De esta manera se obtiene el subtotal del valor de toda la obra y con el cual seguidamente se calcula el costo a asumir por interventoría del proyecto, valor que actualmente corresponde a un 5% de dicho subtotal. La suma del valor del subtotal del proyecto y del valor de la interventoría nos determina el total del costo de la obra.

De esta manera se analizó el presupuesto de la obra, para ver en más detalle el presupuesto ver el archivo anexo “PRESUPUESTO SARC2-CULC2”.

Tabla 13

Presupuesto de mano de obra SARC2-CULC2

PRESUPUESTO SARC2-CULC2						
PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA						
ITEM	TIPO	DESCRIPCION	UND	RURAL FM (20%)	Σ	SUBTOTAL
A02	M.O.	TRABAJO CUADRILLA TIPO REDES (1 CAPORAL, 3 LINIEROS Y 1 AUXILIAR). INCLUYE TRANSPORTE, HERRAMIENTA, ELEMENTOS DE SEGURIDAD Y SEÑALIZACION. JORNADA DIURNA	Hora	\$ 187,700	30	\$ 5,631,000
A17	M.O.	ABERTURA DE HOYO, CARGUE Y DESCARGUE, HINCADA, APLOMADA Y APISONADA DE POSTE DE CONCRETO DE 12 METROS (INCLUYE TRANSPORTE Y ACERCAMIENTO HASTA EL SITIO DE INSTALACIÓN). GRADO DE DIFICULTAD ALTO	und	\$ 768,120	13	\$ 9,985,560
A39	M.O.	ABERTURA DE HOYO, CARGUE Y DESCARGUE, HINCADA, APLOMADA Y APISONADA DE POSTE DE FIBRA DE VIDRIO DE 12 METROS (INCLUYE TRANSPORTE Y ACERCAMIENTO HASTA EL SITIO DE INSTALACIÓN). GRADO DE DIFICULTAD ALTO	und	\$ 473,760	38	\$ 18,002,880
A54	M.O.	DESMANTELAMIENTO DE APOYO EN MEDIA TENSIÓN PARA ESTRUCTURA DE RETENCIÓN (MONOFÁSICA O TRIFÁSICA) Y REINTEGRO DE MATERIALES A CENS.	und	\$ 106,920	4	\$ 427,680
A68	M.O.	VESTIDA DE ESTRUCTURA TERMINAL TRIFÁSICA EN MEDIA TENSIÓN (DISPOSICIÓN HORIZONTAL)	und	\$ 104,520	4	\$ 418,080
A75	M.O.	VESTIDA DE ESTRUCTURAS EN H DISPOSICIÓN HORIZONTAL TRIFÁSICA (RETENCIÓN O SUSPENSIÓN, INCLUYE TRANSPORTE DE MATERIAL)	und	\$ 193,440	9	\$ 1,740,960
A77	M.O.	VESTIDA DE ESTRUCTURAS EN H DISPOSICIÓN TRIANGULAR TRIFÁSICA (RETENCIÓN O SUSPENSIÓN, INCLUYE TRANSPORTE DE MATERIAL)	und	\$ 233,640	8	\$ 1,869,120
A78	M.O.	VESTIDA O DESVESTIDA DE ESTRUCTURA ESPECIAL RE-300 (INCLUYE TRANSPORTE HASTA EL SITIO DE INSTALACION)	und	\$ 216,240	7	\$ 1,513,680
A87	M.O.	ABERTURA DE HOYO, INSTALACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE TEMPLETE DIRECTO A TIERRA POR MEDIA TENSIÓN (INCLUYE TRANSPORTE HASTA EL SITIO DE INSTALACIÓN DE VIGUETA Y MATERIAL PARA EL TEMPLETE)	und	\$ 258,360	135	\$ 34,878,600
A88	M.O.	RETENSIONADA O DESMANTELAMIENTO DE TEMPLETES EN STOP O DIRECTOS A TIERRA.	und	\$ 61,320	8	\$ 490,560
B05	M.O.	TENDIDO Y TENSADO DE RED UNIFILAR EN MEDIA TENSIÓN CON CABLE DE	m	\$ 3,480	11,403	\$ 39,682,440

B08	M.O.	ALUMINIO 4/0AWG A 336,8 MCM (INCLUYE TRANSPORTE DE BODEGA CENS HASTA EL SITIO DE INSTALACIÓN) TENDIDO Y TENSADO DE RED UNIFILAR EN MEDIA TENSION CON DRONE EN CALIBRES DESDE 2 AWG HASTA 350 KCMIL (INCLUYE VUELO DEL MULTIROTOR, CORDEL Y SOGA PARA LINEA GUIA Y DESPLAZAMIENTO AL SITIO DE TRABAJO)	m	\$ 3,000	3,801	\$ 11,403,000
B15	M.O.	CONSTRUCCION DE PUENTES EN ABERTURA DE ESTRUCTURA MEDIA TENSION EN RETENCION (LINEA DESENERGIZADA)	und	\$ 30,120	42	\$ 1,265,040
E06	M.O.	MONTAJE O DESMANTELAMIENTO DE CORTACIRCUITO O DPS	und	\$ 45,120	6	\$ 270,720
F06	M.O.	DISEÑO DE RED DE MEDIA TENSIÓN DE EXPANSIÓN Y REPOSICIÓN SIN PLANTILLADO	m	\$ 2,520	3,801	\$ 9,578,520
SUBTOTAL						\$ 137,157,840
ADMINISTRACION (7,5%)						\$ 10,286,838
UTILIDAD (5%)						\$ 6,857,892
TOTAL, MANO DE OBRA						\$ 154,302,570

Presupuesto de la mano de obra del alimentador con precios unitarios bajo resolución 7200-008 de CENS

Tabla 14

Presupuesto material SARC2-CULC2

PRESUPUESTO SARC2-CULC2						
PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA						
ITEM	TIPO	DESCRIPCION	UND	RURAL FM (20%)	Σ	SUBTOTAL
13	MAT	AISLADOR DE SUSPENSIÓN DE 6" ANSI 52-1 (PORCELANA)	UN	\$ 27,336	372	\$ 10,169,128
18	MAT	AISLADOR TENSOR DE 7" ANSI 54-4 (PORCELANA)	UN	\$ 19,480	135	\$ 2,629,808
35	MAT	ARANDELA DE PRESION DE 1/2"	UN	\$ 175	32	\$ 5,611
61	MAT	CABLE DE ACERO 3/8" EXTRA ALTA RESISTENCIA PARA RETENIDA	ML	\$ 4,694	243 0	\$ 11,406,720
65	MAT	CABLE DE ALUMINIO ACSR 266.8 MCM PARTRIDGE (26/7)	ML	\$ 5,280	119 73	\$ 63,218,911
119	MAT	COLLARIN DE (2) DOS SALIDAS 6" - 7"	UN	\$ 15,840	52	\$ 823,680
119-2	MAT	COLLARIN DE (2) DOS SALIDAS 7" - 8"	UN	\$ 16,380	32	\$ 524,160
123	MAT	CONECTOR DE ALUMINIO 2 PERNOS 1/0 A 400 MCM. LC-66A-XB	UN	\$ 41,419	132	\$ 5,467,273
130	MAT	CRUCETA METALICA DE 3" X 3" X 1/4" X 2 MTS	UN	\$ 82,147	16	\$ 1,314,355
141	MAT	CRUCETA METALICA DE 3X3X3/8X 4M CUCHILLA SECCIONADORA	UN	\$ 295,108	34	\$ 10,033,661
142	MAT	MONOPOLAR 15 KV. PARA ACCIONAR SIN CARGA	UN	\$ 421,063	6	\$ 2,526,377
156	MAT	DIAGONAL RECTA METALICA DE 68 CMS.	UN	\$ 9,564	32	\$ 306,035

166	MAT	ESPARRAGO DE 5/8"X10" CON CUATRO TUERCAS	UN	\$ 5,339	32	\$ 170,844
196	MAT	GRAPA DE RETENSION EN ALUMINIO DE 2/0-300 MCM 10000 KG	UN	\$ 68,486	112	\$ 7,670,486
197	MAT	GRAPA DE SUSPENSIÓN EN ALUMINIO 4/0-300 MCM	UN	\$ 76,567	12	\$ 918,806
202	MAT	GUARDACABO EN ACERO GALVANIZADO PARA CABLE DE 1/2"	UN	\$ 3,690	135	\$ 498,150
214	MAT	PERNO DE 5/8" x 2" GALVANIZADO EN CALIENTE	UN	\$ 1,783	12	\$ 21,400
216	MAT	PERNO GALVANIZADO DE 1/2" X 1.1/2"	UN	\$ 914	32	\$ 29,261
244	MAT	POSTE DE CONCRETO DE 12 MTS. X 1050 KGS.	UN	\$ 1,023,319	11	\$ 11,256,508
250	MAT	POSTE DE CONCRETO DE 12 MTS. X 750 KGS.	UN	\$ 704,119	2	\$ 1,408,237
263	MAT	POSTE DE FIBRA DE VIDRIO (P.R.F.V.) DE 12 MTS. X 1050 KGS.	UN	\$ 1,410,936	30	\$ 42,328,077
266	MAT	POSTE DE FIBRA DE VIDRIO (P.R.F.V.) DE 12 MTS. X 750 KGS.	UN	\$ 1,293,465	8	\$ 10,347,722
323	MAT	TUERCA DE OJO ALARGADO DE 5/8"	UN	\$ 8,823	124	\$ 1,094,110
326	MAT	VARILLA DE ANCLAJE 3/4"X 2 M	UN	\$ 42,247	135	\$ 5,703,360
328	MAT	VIGUETA DE CONCRETO DE 70X30X30 CM	UN	\$ 79,306	135	\$ 10,706,347
25	MAT	ALAMBRE 10 AWG GALVANIZADO	KG	\$ 5,358	34	\$ 180,826
SUBTOTAL						\$ 200,759,854
IVA (19%)						\$ 3,814,437
TOTAL, MATERIAL						\$ 204,574,291

Presupuesto de material del alimentador con precios unitarios bajo resolución 7200-008 de CENS

Tabla 15

Resumen del presupuesto

RESUMEN PRESUPUESTO	
SUBTOTAL PRESUPUESTO MANO DE OBRA	\$ 154,302,570.00
SUBTOTAL PRESUPUESTO MATERIAL	\$ 204,574,291.39
SUBTOTAL PROYECTO	\$ 358,876,861.39
INTERVENTORIA (5%)	\$ 17,943,843.07
TOTAL, PROYECTO	\$ 376,820,704.46

Resumen del presupuesto para identificar el total a invertir en el proyecto

Unidades Constructivas

La CREG establece para los operadores de red, el reconocimiento de los activos por medio de unidades constructivas con valores definidos en su resolución 015 del 2018 capítulo 15. (CREG, 2018, Chapter 15)

Teniendo en cuenta estas UC se determinó la cantidad correspondiente de estas en el proyecto asignándole el valor de 1 (unidad) por cada una de estas existente, presente en la siguiente tabla:

Tabla 16
UC SARC2-CULC2

UNIDADES CONSTRUCTIVAS ENLACE SARC2-CULC2								
U.C.	ESTRUCTURAS				EQUIPOS	CONDUCTOR	CAPACIDAD POSTE	MATERIAL
PUNTO	N2L72	N2L71	N2L73	N2L74	N2EQ13	N2L87(Km)		
P1				2	1	0.171	12m x 1050kgf (X2)	
P2			2			0.122	12m x 750kgf (X2)	
P3				5		0.483	12m x 1050kgf (X5)	FIBRA
P3A			2			0.158	12m x 750kgf(X2)	
P4				5		0.23	12m x 1050kgf (X5)	
P5	2	3				0.132	12m x 1050kgf (X3) 12m x 750kgf (X2)	CONCRETO
P5A			2			0.6	12m x 750kgf(X2)	FIBRA
P6		3				0.099	12m x 1050kgf (X3)	
P6A			2			0.345	12m x 750kgf(X2)	
P7				5		0.353	12m x 1050kgf (X5)	
P8				4		0.337	12m x 1050kgf (X4)	FIBRA
P9				2		0.124	12m x 1050kgf (X2)	
P10				3		0.077	12m x 1050kgf (X3)	
P11				2		0.238	12m x 1050kgf (X2)	
P12		2				0.106	12m x 1050kgf (X2)	CONCRETO
P13				2		0.226	12m x 1050kgf (X2)	
P14		3			1	0	12m x 1050kgf (X3)	FIBRA
TOTAL	2	11	8	30	2	3.801		

Reporte de unidades constructivas alimentador SARC2-CULC2

Luego de tener la cantidad de UC se procede a encontrar la equivalencia en pesos del total de cada UC.

Tabla 17
Valor reconocido por UC para el alimentador SARC2-CULC2

UC	N2L72	N2L71	N2L73	N2L74	N2EQ13	N2L87
CANTIDAD	2	11	8	30	2	3.801
VALOR UNT	\$ 4,086,000	\$ 4,226,000	\$ 5,315,000	\$ 7,383,000	\$ 1,003,000	\$ 29,314,000
VALOR TOTAL	\$ 8,172,000	\$ 46,486,000	\$ 2,520,000	\$ 221,490,000	\$ 2,006,000	\$ 111,422,514
TOTAL, UC	\$ 432,096,514					

Reporte de reconocimiento total en pesos de unidades constructivas alimentador SARC2-CULC2

Comparación Presupuesto Y Unidades Constructivas

Teniendo ya el total de costo por presupuesto y el total de remuneración por UC se determina el beneficio económico por parte de la remuneración para el operador de red CENS S.A.

Tabla 18

Beneficio por remuneración de las UC

BENEFICIO UC	
TOTAL, PROYECTO	\$ 376,820,704.46
TOTAL, UC	\$ 432,096,514.00
BENEFICIO	\$ 55,275,809.54
BENEFICIO (%)	14.67%

Beneficio económico del alimentador SARC2-CULC2

El beneficio económico calculado en este proyecto para el operador de red es de 14.67% con respecto al total invertido en el proyecto.

Matriz De Riesgo

Tabla 19

Matriz de riesgo SARC2-CULC2

RIESGO A EVALUAR:	EVENTO O EFECTO (INDUCCION)		Por	FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (CONTACTO DIRECTO)	En	FUENTE (Red de MT de 13,2 kV)				
	POTENCIAL	X	REAL		FRECUENCIA					
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa	E	D	C	B	A	
					No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura Interrupción regional.	Contaminación irreparable.	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción Temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No Interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

Suministrada: Del RETIE.

El análisis de riesgo arroja de manera general que existe un nivel de riesgo BAJO, por lo tanto, se deben seguir todos los procedimientos para trabajo seguro:

- aplicar las cinco reglas de oro para trabajo eléctrico
- verificar la existencia de todos los elementos de protección personal y que se encuentren en funciones adecuadas antes de realizar el trabajo.
- Divulgar al personal sobre los tipos de riesgos asociados al trabajo y evaluar el estado físico y emocional de los operarios antes de ejecutar cualquier actividad.

Recomendaciones

- Los cálculos y métodos para la selección de los componentes de las redes de Media Tensión se deben seleccionar de acuerdo a los parámetros establecidos por el operador de red del sector en su respectiva norma en este caso normativa CENS, tomo II.
- El diseño debe cumplir con los requerimientos establecidos en el artículo 13, nota 1 "Las distancias de seguridad establecidas en las siguientes tablas, aplican a conductores desnudos" y nota 8 "Si se tiene un tendido aéreo con cable aislado y con pantalla no se aplican estas distancias; tampoco se aplica para conductores aislados para baja tensión." del RETIE. (RETIE, 2013)
- Al momento de tomar la coordenada, se debe usar el GPS con la menor tolerancia o error de precisión posible. Actualmente en el mercado hay disponibles GPS asequibles como lo es el GPS Garmin Etrex 10, él cuenta con una tolerancia máxima de 3m.
- Para realizar el presupuesto se debe analizar cada precio unitario de los elementos existentes en el proyecto, además de analizar el nivel de dificultad y la zona a trabajar (urbana o rural) para que el presupuesto este lo mejor ajustado a la liquidación final del proyecto.

Conclusiones

- Al realizar las respectivas salidas a terreno y obtener las coordenadas correspondientes del trazado, se logró percibir lo influyente que es la condición del terreno y forma del mismo, observándose llanuras, montañas y valles existentes, pudiéndose así de esta manera seleccionar los puntos más óptimos para la hincada de los apoyos.
- Según el procedimiento llevado a cabo para la elaboración del proyecto es necesario escoger de manera adecuada los parámetros del proyecto para poder realizar los cálculos pertinentes, tal como lo es la selección del conductor y sus parámetros eléctricos y técnicos para la elaboración de los cálculos de regulación, capacidad de corriente y pérdidas de potencia.
- El uso de herramientas computacionales es de gran ayuda al realizar diversos cálculos y procedimientos necesarios para complementar otros puntos en la elaboración del proyecto, tal como lo son Google Earth que permite organizar y trazar la ruta del alimentador, Global Mapper que con esta ruta permite determinar todos los puntos del perfil de elevación del terreno determinando, teniendo así los desniveles entre apoyos y logrando realizar la selección de los mismos con el software PLS-CADD que calcula todos los parámetros mecánicos del sistema, a partir del perfil y las configuraciones de las estructuras en H y especiales (RE300).
- Luego de realizar y analizar el presupuesto se observa que este varía en gran manera dependiendo de la zona de ejecución del proyecto ya sea urbano o rural y el grado de dificultad del mismo, siendo más costosa la ejecución del proyecto si es rural y grado de dificultad alto (como es el caso).
- Podemos ver que en la comparación entre el presupuesto de ejecución de obra y el de reconocimiento por unidades constructivas hay un beneficio de 14,67% luego de ser reconocido

el proyecto por la CREG, lo cual muestra que el proyecto es financieramente rentable para el operador de red, en este caso CENS.

Referencias Bibliográficas

CREG. (2018). *RESOLUCION 015-2018* (p. 239). p. 239.

Davila, S., Las, E. D. E., & Aeras, L. (2019). *Cálculo Mecánico Para Selección De Postes De Concreto Pretensado En Redes Aéreas de Media y Baja Tensión MEMORIA DE CÁLCULO SERGIO ANDRES DAVILA Ing . Mecánico Revisión Descripción Emisión inicial Fecha Elaboró Para Contacto Nombre Fecha Firma Revisión.*

Distribución, S. D. E., & Kv, E. (2008). *Estructuras 13.2 kv*. 1–131. Retrieved from https://www.cens.com.co/Portals/2/Documentos/Norma_Actualizada/

Proyectos, J. U. (2015). *Capítulo 1 Generalidades CENS-Norma Técnica - CNS-NT-01*. 1–43.

Proyectos, J. U. (2016a). *Capítulo 2 Parámetros de Diseño CENS-Norma Técnica - CNS-NT-02*. 1–63.

Proyectos, J. U. (2016b). *Capítulo 3 Redes de Media y Baja Tensión CENS-Norma Técnica - CNS-NT-03*. 1–44. Retrieved from

https://www.cens.com.co/Portals/2/Documentos/Norma_Actualizada/CAPITULO 3_Redes de Media y Baja Tensión CENS - Norma Técnica - CNS-NT-03.pdf

RETIE. (2013). RETIE resolución 9 0708 de agosto 30 de 2013 con sus ajustes. *Resolucion 90708*, 127.

Anexos

Tabla 20

Niveles de tensión de servicio

NIVEL DE TENSIÓN DE SERVICIO	TENSIÓN NOMINAL ENTRE FASES
Extra alta tensión (EAT)	Tensiones superiores a 230 kV
Alta tensión (AT)	Tensiones mayores o iguales a 57.5 kV y menores o iguales a 230 kV
Media tensión (MT)	Tensiones mayores o iguales a 1000 V y menores a 57.5 kV
Baja tensión (BT)	Tensiones mayores o iguales a 25 V y menores a 1000 V
Muy baja tensión (MBT)	Tensiones menores de 25 V

Suministrada por: *CNS – NT- 02.*

Tabla 21

Suministro desde redes de media tensión o líneas de alta tensión

NIVEL DE TENSIÓN	TIPO DE SISTEMA	TIPO DE CONEXIÓN	FASES	TENSIÓN NOMINAL EN VOLTIOS (V) TOLERANCIA ($\pm 10\%$)
		Bifásico bifilar	FF	13.200 V
	Bifásico bifilar	Monofásico bifilar	FN	7.620 V
Media Tensión				13.200 V
	Trifásico trifilar	Trifásico trifilar	FFF	34.500 V
Alta tensión	Trifásico trifilar	Trifásico trifilar	FFF	115.000 V

Suministrada por: *CNS – NT- 02*

Tabla 22

Niveles de tensión y límites de carga de acuerdo a la carga instalada

NIVEL DE TENSIÓN	TIPO DE CONEXIÓN	CAPACIDAD INSTALADA (kVA).
	Monofásico bifilar 120 V	Menor o igual a 6.6 kVA
Nivel 1	Bifásico trifilar 2x120/240 V	Mayor a 6.6 y menor o igual 12 kVA
	Trifásico tetra filar 3x127/220 V	Mayor a 15 kVA y menor o igual 35 kVA
Nivel 2	Media (13200 V)	Superior a 30 kVA hasta 2200 KVA
Nivel 3	Media (34500 V)	Desde 1500 KVA en adelante.

Suministrada por: *CNS – NT- 02*


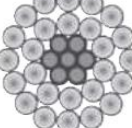
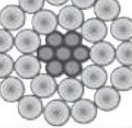
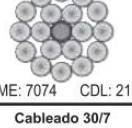
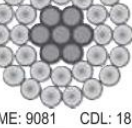
Tabla 23

Límites de regulación de voltaje. Sum. CNS – NT- 02

Nivel de tensión	Área	Límites de regulación de voltaje
	Zona urbana	3%
Circuitos de baja tensión	Zona Rural	3%
	Alumbrado público	3%
	Acometidas	2%
Circuitos de media tensión	Para expansión de redes derivadas de un circuito alimentador principal	Menor o igual al 1 % a partir del barraje de la subestación de distribución
	Para acometidas de uso exclusivo	Menor o igual al 0.03 % a partir del punto de conexión

Suministrada por: *CNS – NT- 02*

Cables ACSR

Cableado Aluminio/Acero	Código	Calibre AWG/ kcmil	Diámetros (mm)					Peso Total Aprox (kg/km)			Carga de Rotura kg-f	Resistencia Eléctrica (Ohm/km)		Capacidad de Corriente		
			Hilos Individuales		Núcleo	Total	RMG	Al	Acero	Total		DC a 20°C(1)	AC a 75°C	A	CC(3)	
			Acero	Al												
	Swan	4	2,12	2,12	2,12	6,36	2,05	58,1	27,4	85,5	845	1,32	1,70	139	3,2	
	Sparrow	2	2,67	2,67	2,67	8,01	2,58	92,3	43,6	136	1290	0,83	1,10	184	5,1	
	Robin	1	3,00	3,00	3,00	9,00	2,90	116,4	55,0	171	1612	0,658	0,884	211	6,4	
	Raven	1/0	3,37	3,37	3,37	10,11	3,25	146,8	69,3	216	1985	0,522	0,717	241	8,0	
	Quail	2/0	3,78	3,78	3,78	11,35	3,65	185,1	87,4	273	2405	0,414	0,584	275	10,1	
	Pigeon	3/0	4,25	4,25	4,25	12,74	4,10	233,5	110,3	344	3003	0,328	0,479	313	12,8	
	Penguin	4/0	4,77	4,77	4,77	14,31	4,61	294,4	139,0	433	3787	0,260	0,396	355	16,1	
ME: 8400 CDL: 18,9	Partridge	266,8	2,00	2,57	6,00	16,29	6,62	374,8	171,9	547	5120	0,209	0,255	458	20,3	
	Ostrich	300	2,12	2,73	6,36	17,28	7,01	421,5	193,3	615	5757	0,185	0,226	493	22,8	
	Linnet	336,4	2,25	2,89	6,74	18,30	7,43	472,6	216,7	689	6400	0,165	0,202	530	25,6	
	Ibis	397,5	2,44	3,14	7,33	19,89	8,07	558,5	256,1	815	7386	0,140	0,171	589	30,2	
	Hawk	477	2,67	3,44	8,02	21,79	8,85	670,1	307,3	977	8863	0,117	0,142	661	36,3	
	Dove	556,5	2,89	3,72	8,67	23,53	9,55	781,8	358,5	1140	10248	0,100	0,122	728	42,3	
	Squab	605	3,01	3,87	9,04	24,54	9,96	850,0	389,7	1240	11041	0,0919	0,112	767	46,0	
	Grosbeack	636	3,09	3,97	9,27	25,16	10,21	893,5	409,7	1303	11429	0,0875	0,107	792	48,4	
	Gannet	666,6	3,16	4,07	9,49	25,75	10,46	936,5	429,4	1366	11979	0,0835	0,102	816	50,7	
	Starling	715,5	3,28	4,21	9,83	26,68	10,83	1005,2	460,9	1466	12858	0,0777	0,0949	853	54,4	
	Drake	795	3,45	4,44	10,36	28,13	11,42	1116,9	512,1	1629	14287	0,0700	0,0854	912	60,5	
	ME: 8358 CDL: 19,0	Brant	397,5	2,18	3,27	6,54	19,61	7,87	558,5	203,9	762	6641	0,141	0,172	585	30,2
		Flicker	477	2,39	3,58	7,16	21,49	8,63	670,1	244,7	915	7784	0,117	0,143	657	36,3
Parakeet		556,5	2,58	3,87	7,74	23,21	9,32	781,8	285,5	1067	8989	0,100	0,123	724	42,3	
Peacock		605	2,69	4,03	8,07	24,20	9,71	850,0	310,4	1160	9773	0,0924	0,113	763	46,0	
Rook		636	2,76	4,13	8,27	24,81	9,96	893,5	326,3	1220	10273	0,0879	0,107	787	48,4	
Flamingo		666,6	2,82	4,23	8,47	25,40	10,20	936,5	342,0	1279	10768	0,0839	0,102	811	50,7	
Stilt		715,5	2,92	4,39	8,77	26,31	10,57	1005,2	367,1	1372	11558	0,0781	0,0954	848	54,4	
ME: 7987 CDL: 19,5		Cukoo	795	3,08	4,62	9,25	27,74	11,14	1116,9	407,9	1525	12666	0,0703	0,0859	906	60,5
	Waxwing	266,8	3,09	3,09	3,09	15,46	6,00	374,8	58,4	433	3122	0,212	0,259	448	20,3	
	Merlin	336,4	3,47	3,47	3,47	17,36	6,74	472,6	73,7	546	3937	0,168	0,205	519	25,6	
	Chicadee	397,5	3,77	3,77	3,77	18,87	7,32	558,5	87,1	646	4511	0,142	0,174	576	30,2	
	Pelican	477	4,13	4,13	4,13	20,67	8,02	670,1	104,5	775	5334	0,118	0,145	646	36,3	
	Osprey	556,5	4,47	4,47	4,47	22,33	8,66	781,8	121,9	904	6223	0,102	0,124	712	42,3	
	ME: 7074 CDL: 21,2	Kingbird	636	4,77	4,77	4,77	23,87	9,26	893,5	139,3	1033	7111	0,0889	0,109	775	48,4
	Piper	300	2,54	2,54	7,62	17,78	7,34	423,5	277,1	701	7013	0,184	0,225	498	22,8	
	Oriole	336,4	2,69	2,69	8,07	18,83	7,78	474,9	310,7	786	7864	0,164	0,201	536	25,6	
	Lark	397,5	2,92	2,92	8,77	20,47	8,45	561,2	367,1	928	9227	0,139	0,170	595	30,2	
	Hen	477	3,20	3,20	9,61	22,42	9,26	673,4	440,5	1114	10803	0,116	0,142	668	36,3	
	Eagle	556,5	3,46	3,46	10,38	24,22	10,00	785,6	513,9	1300	12603	0,0994	0,121	736	42,3	
	Wood Duck	605	3,61	3,61	10,82	25,25	10,43	854,1	558,7	1413	13118	0,0914	0,112	776	46,0	
	ME: 9081 CDL: 18,0	Scoter	636	3,70	3,70	11,09	25,89	10,69	897,9	587,4	1485	13791	0,0870	0,106	800	48,4
	Skimmer	795	4,13	4,13	12,40	28,94	11,95	1122,4	734,2	1857	17106	0,0696	0,0849	922	60,5	

Notas:
Continúa en la página siguiente.




Figura 27. Características técnicas y eléctricas del conductor (Fuente: CENTELSA - Aluminio acsr)

Tabla 24

Factores de corrección de regulación de tensión

Tipo de subestación	Tipo de red		
	Monofásica (FN)	Bifilar (FF)	Trifilar (FFN)
Monofásica	8,00	2,00	2,00
Trifásica	6,00	1,732	2,25

Suministrada por: CNS – NT- 02.

Tabla 25

Constantes de regulación KG para conductor ACSR

Constante KG para distintos factores de potencia									
Tensión	B.T.			13200 V			34500 V		
Calibre (AWG)	0,80	0,90	0,95	0,80	0,90	0,95	0,80	0,90	0,95
2/0	36,50	40,79	42,85	37,59	41,58	43,41	49,62	50,29	49,65
3/0	29,14	32,51	34,11	30,23	33,29	34,67	42,11	41,90	40,83
4/0	23,25	25,87	27,11	24,33	26,66	27,67	36,07	35,16	33,76
266,8 MCM	20,10	22,54	23,72	20,50	22,83	23,93	20,52	22,84	23,94
300 MCM	18,05	20,23	21,28	18,45	20,52	21,49	18,47	20,53	21,50
336,4 MCM	16,00	17,92	18,85	16,40	18,21	19,06	16,42	18,23	19,07

Suministrada por: CNS – NT- 02

Tabla 26

Niveles de aislamiento

Nivel	Tensión más elevada para el material (kV)	BIL (kV)
Baja tensión	0,6	25
Media tensión 13,2 kV	17,5	95
Media tensión 34,5 kV	36,0	170

Suministrada por: CNS – NT- 03.

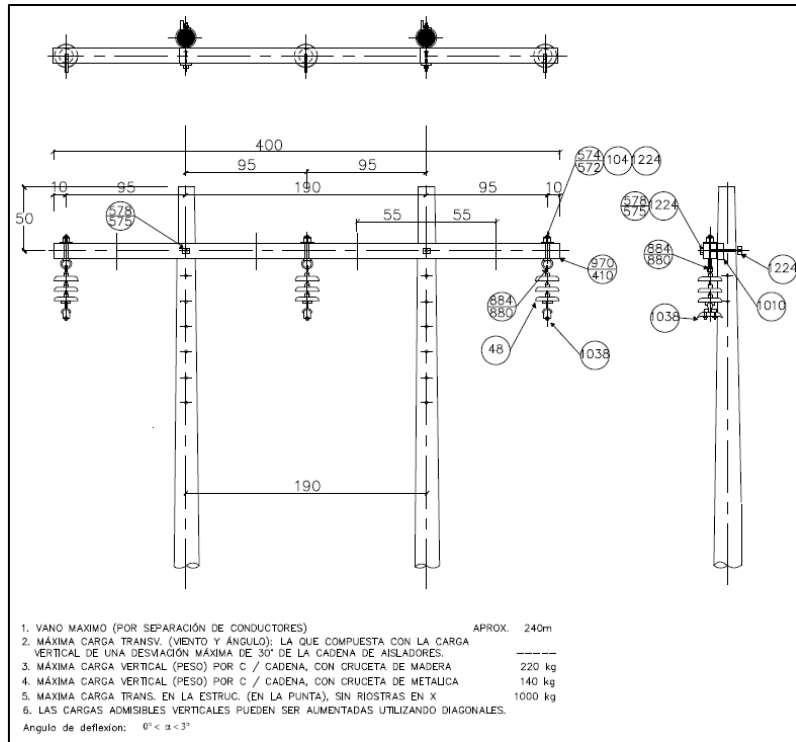


Figura 28. Estructura en suspensión trifásica en H - RH226 13.2kV. Sum. Cens

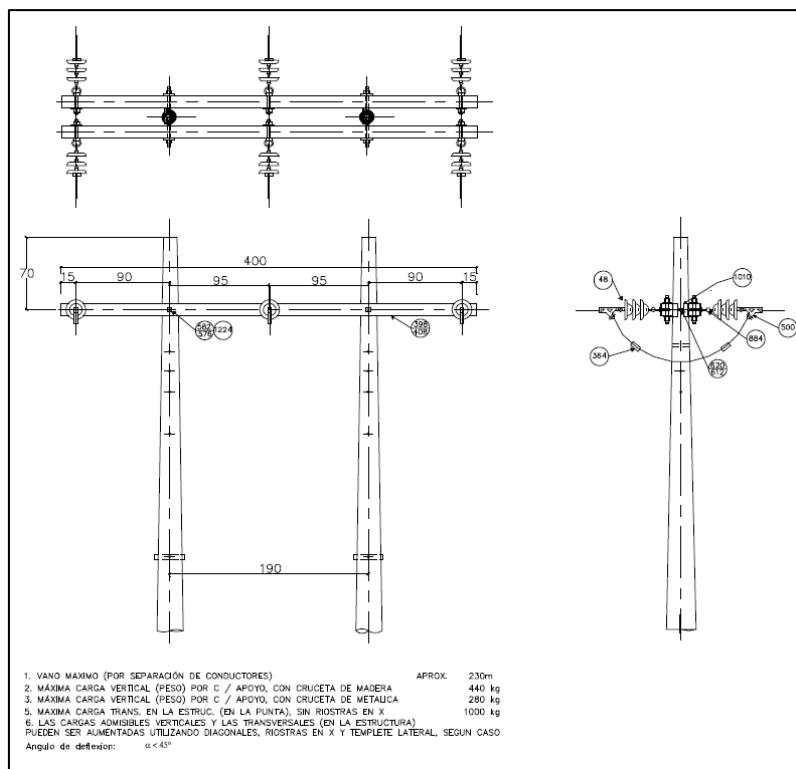


Figura 29. Estructura en abertura trifásica en H - RH231 13.2kV. Sum. Cens

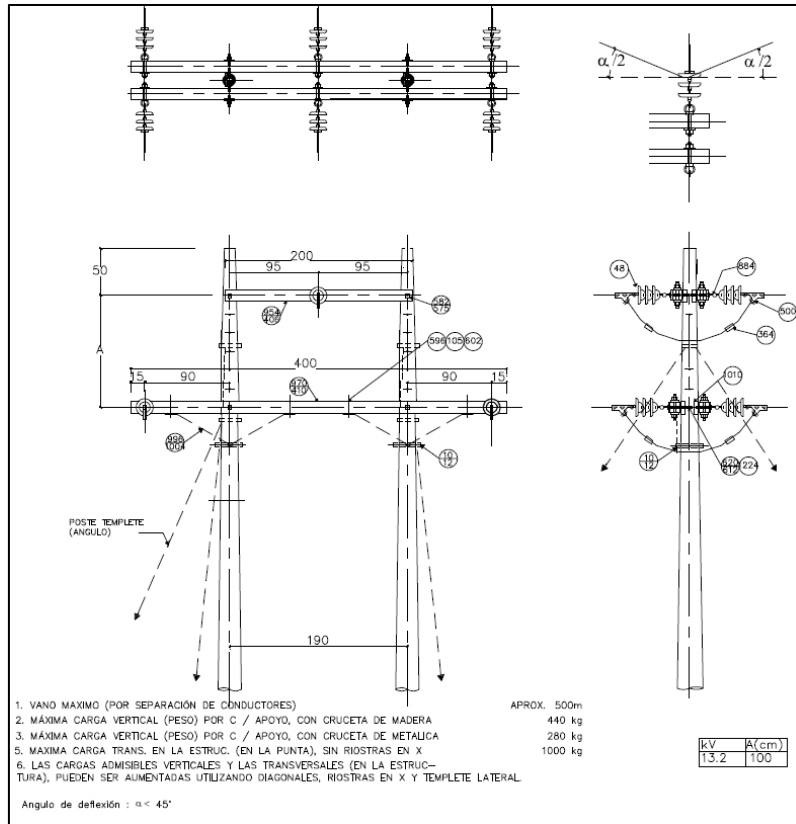


Figura 30. Estructura en abertura trifásica en H RH230 13.2kV. Sum. Cens

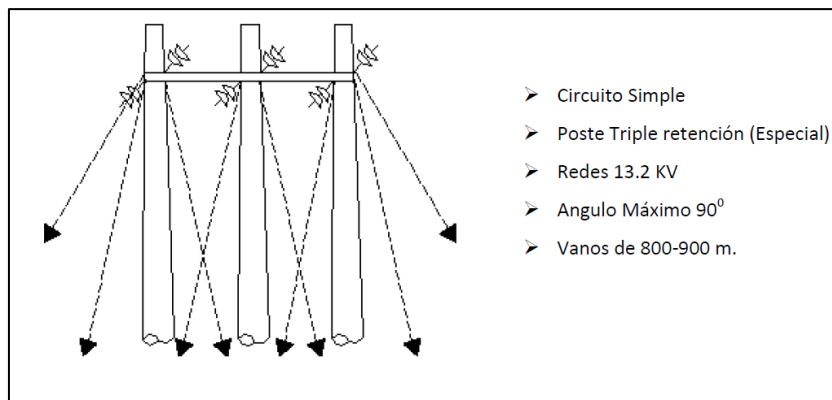


Figura 31. Estructura especial trifásica RE300 13.2kV. Sum. Cens

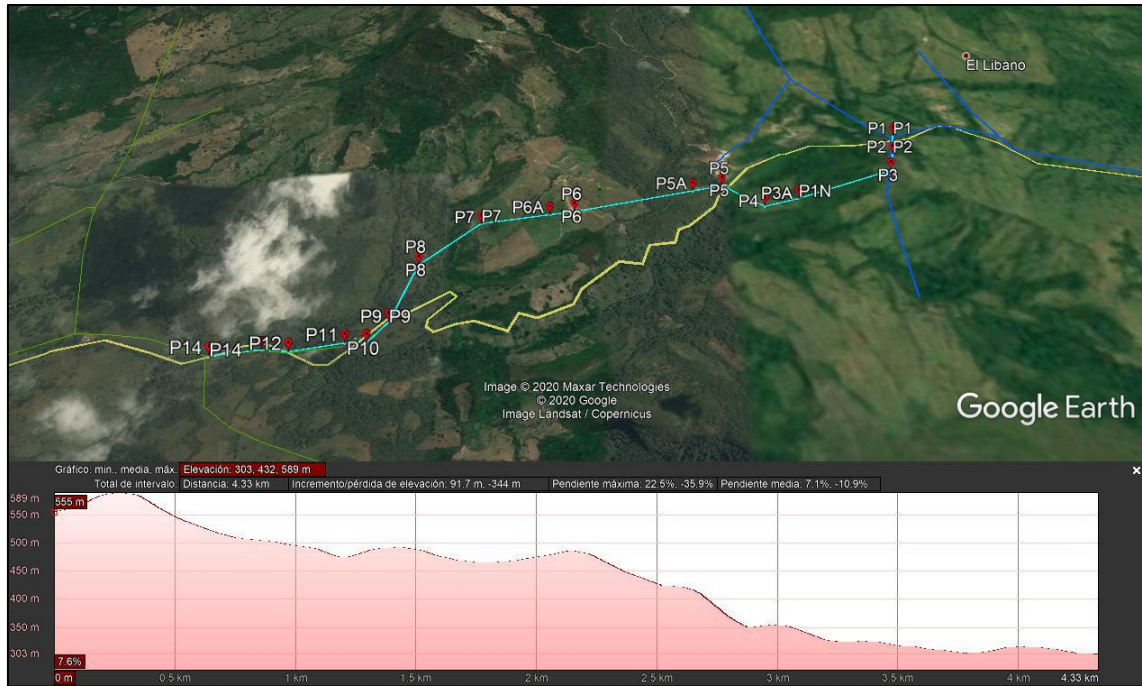


Figura 32. Perfil de Elevación Google Earth